Zamin Azmoon Group

زمین‌ساخت

آمادگی آزمون کارشناس‌ارشد و دکتری زمین‌شناسی

دکتر رامین صمدی

گروه آموزشی و پژوهشی زمین آزمون

Dr. Ramin Samadi

www.zaminazmoon.com

بسم الله الرحمن الرحیم

ZaminAzmoon Group



زمین‌شناسی ساختمانی

جزوات آمادگی آزمون کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی

تألیف: دکتر رامین صمدی

بسمه تعالی

پیامبر خدا (صلی الله علیه و آله و سلم) فرمودند:

هرگاه مؤمن یک برگه که روی آن علمی نوشته شده باشد از خود برجای گذارد، روز قیامت آن برگه پرده میان او و آتش می شود و خداوند تبارک و تعالی به ازای هر حرفی که روی آن نوشته شده، شهری هفت برابر پهناورتر از دنیا به او می دهد.

سلام علیکم؛

ایزد دانا را سپاس می گوییم که ما را یاری بخشید تا بتوانیم در زمینه تحقق آرمان های علمی و میهنی خویش، گامی دیگر برداریم. «زمین آزمون» با هدف ایجاد بانک اطلاعاتی جزوات آمادگی آزمون کارشناسی ارشد و دکتری زمین شناسی و نیز کمک به دانشجویان و محققین این رشته در سال ۱۳۸۶ آغاز به فعالیت نمود. در این راه استادان و دانشجویان و پژوهشگران محترمی با هم فکری خود به ما یاری رسانده اند که اگر این هم فکری و کمک ها نبود شاید این مهم ناتمام می ماند.

اکنون به پاس ۱۰ سال تلاش صادقانه گروه آموزشی و پژوهشی زمین آزمون، هزاران امید و تلاش به ثمر نشسته است و فرهیختگان بسیاری همراه ما با موفقیت در دوره های کارشناسی ارشد و دکتری زمین شناسی تحصیل نموده اند. برای پاسداشت علم و ترویج علم مقدس زمین شناسی، گروه زمین آزمون کلیه جزوات آمادگی آزمون کارشناسی ارشد و دکتری زمین شناسی خود را به صورت وقف عام به همه فرهیختگان جامعه علمی زمین شناسی ایران تقدیم می نماید. شایسته است از زحمات آقای مهندس مجتبی رجبی، خانم دکتر نرگس شیردشت زاده، خانم مهندس پیترا محمودزاده، آقای مهندس رسول صادقی و دیگر بزرگواران تقدیر گردد. بی گمان این مجموعه از کاستی ها و نواقص احتمالی مبری نیست ولی می تواند مسیری روشن را پیرامون داوطلبان محترم و پژوهشگران گرامی بگشاید. پیروزی و موفقیت شما را در تمامی آزمون های زندگی آرزومندیم.

مدیر گروه مؤلفین زمین آزمون

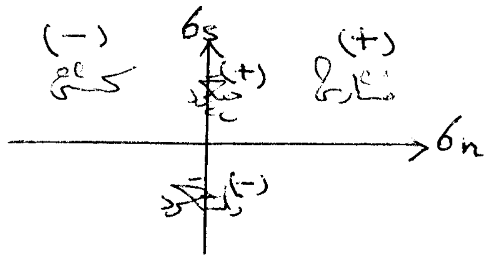
دکتر رامین صمدی

تکتونیک Structural Geology

استرس یا تنش (Stress)

تنش: نیروی وارد بر واحد سطح (F/A) که الزاماً عمودی و به‌سوی داخل نیست

فشار: نیروی عمودی وارد بر سطح



دیمانسیون استرس یا تنش = $ML^{-1}T^{-2}$

استرس σ
- فشارشی (+)
- کششی (-)

تنش σ
- σn: تنش نرمال
- σs: تنش برشی

σij
- i=j تنش نرمال
- $i \neq j$ تنش برشی

تنش σ
- Surface: سطحی
- Body: درونی

تنش برشی
- چپگرد (+)، کششی (-)
- راستگرد (-)، فشارشی (+)

در رابطه با تنش‌ها چند نکته وجود دارد:

۱- نیروهای وارد بر هر وجه به‌صورت یکنواخت عمل می‌کنند که درواقع توزیع یکنواختی دارند؛

۲- نیروهایی که روی وجوه رو به روی‌هم عمل می‌کنند از نظر جهت و بزرگی یکسان‌اند؛

۳- نیروهایی که باعث ایجاد گشتاور می‌شوند همدیگر را موازنه می‌کنند یا درواقع به تعادل می‌رسند.

$$\sigma 12 = \sigma 21 \qquad \sigma 32 = \sigma 23 \qquad \sigma 31 = \sigma 13$$

$$\Longleftarrow \begin{bmatrix} \sigma_{11}\sigma_{12}\sigma_{13} \\ \sigma_{12}\sigma_{22}\sigma_{23} \\ \sigma_{13}\sigma_{23}\sigma_{33} \end{bmatrix}$$

نکته: در ماتریس قطر آن معرف استرس‌های نرمال است.

تنش

همگن؛ در تمام نقاط، تمام مؤلفه‌ها با هم برابرند.

ناهمگن؛ در تمام نقاط، تمام مؤلفه‌ها برابر نیستند.

به ۳ تنش $\sigma1$ و $\sigma2$ و $\sigma3$ تنش‌های اصلی می‌گویند.

اگر این رابطه برقرار نباشد دگرشکلی به وجود نمی‌آید: $\max \sigma1 > \sigma2 > \sigma3 \min$

تجزیه و تحلیل استرس

تنش تک‌محوره: حالتی است که به جسم تنها از یک‌جهت نیرو وارد می‌شود.

تنش یک محوره
$$\begin{bmatrix} \sigma n = \dfrac{F\cos\theta}{A} & ; \ \sigma n = \sigma1\cos^2\alpha \\ \sigma s = \dfrac{F\sin\theta}{A} & ; \ \sigma s = \sigma1\sin2\alpha \end{bmatrix}$$

تنش دومحوره: حالتی است که از دو جهت به جسم نیرو وارد می‌شود.

تنش دومحوره
$$\begin{bmatrix} \sigma n = \dfrac{\sigma1+\sigma2}{2} + \dfrac{\sigma1-\sigma2}{2} \\ \sigma s = \dfrac{\sigma1-\sigma2}{2}.\sin2\alpha \end{bmatrix}$$

X: تنش لیتواستاتیک = مرکز دایره = میانگین = غیر انحرافی = همه‌جانبه

Y: شعاع دایره = استرس انحرافی

فشار لیتواستاتیک: $\sigma1 = \sigma2 = \sigma3 > 0$

فشار هیدرواستاتیک: $\sigma1 = \sigma2 = \sigma3 < 0$

تنش تک محوره

در حالت فشارشی $\Rightarrow \sigma1 > 0, \sigma2 = \sigma3 = 0, \begin{bmatrix} \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

در حالت کششی $\Rightarrow \sigma3 < 0$ و $\sigma1 = \sigma2 = 0 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\alpha \end{bmatrix}$

تنش دو محوره

$\sigma_1 \neq -\sigma_3$ و $\begin{bmatrix} +a & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -c \end{bmatrix}$ و $\sigma_2 = 0$ و $\sigma_1 > 0, \sigma_3 < 0$

حالت فشارشی $\Rightarrow \sigma_1 > \sigma_2 > 0 \cdot \sigma_3 = 0 \rightarrow \begin{bmatrix} a & 0 & 0 \\ 0 & b & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

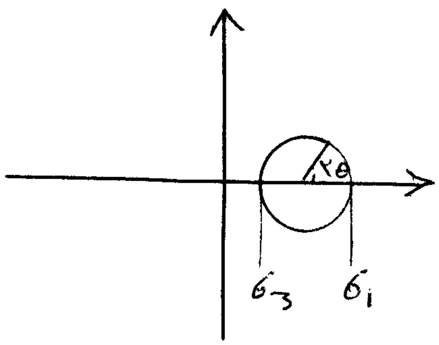
حالت کششی $\Rightarrow \quad \sigma_1 = 0, (\sigma_2 > \sigma_3) < 0 \rightarrow \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -b & 0 \\ 0 & 0 & c \end{bmatrix}$

تنش سه محوره

حالت کششی $\Rightarrow (\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3) < 0 \rightarrow \begin{bmatrix} -\alpha & 0 & 0 \\ 0 & -b & 0 \\ 0 & 0 & -c \end{bmatrix}$

حالت تراکمی $\Rightarrow (\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3) > 0 \rightarrow \begin{bmatrix} \alpha & 0 & 0 \\ 0 & b & 0 \\ 0 & 0 & c \end{bmatrix}$

نکته: همیشه 2θ را از سمت σ_1 جدا می‌کنیم.



اگر $\sigma_1 = 0$ ← دو محوره کششی

اگر $\sigma_3 = 0$ ← دو محوره فشارشی

$\sigma n \uparrow \leftarrow ۲\theta \downarrow$

۲θ روی دایره موهر عکس δn است : $\Rightarrow$ $\sigma ۱ \leftarrow ۰^{\circ}$

$\sigma ۳ \leftarrow ۱۸۰^{\circ}$

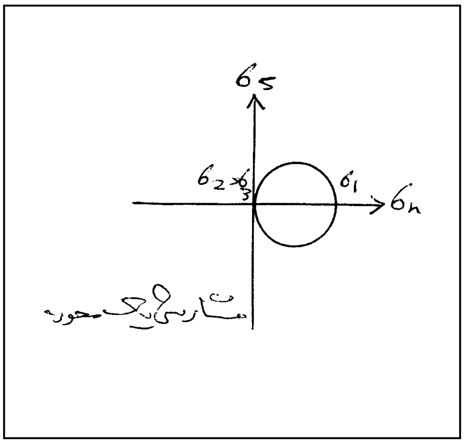
در حالتی که $\theta = ۴۵$ تنش برشی برابر با استرس انحرافی یا شعاع دایره است.

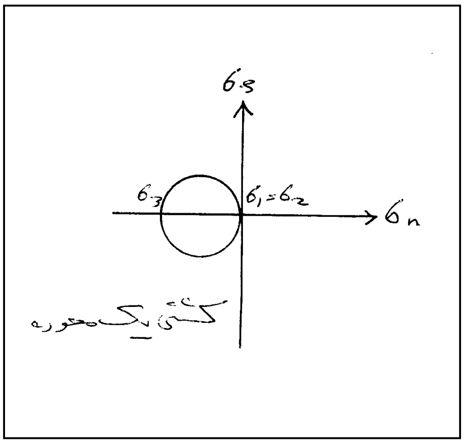
زاویه θ در جهت عقربه ساعت؛ راستگرد (-)

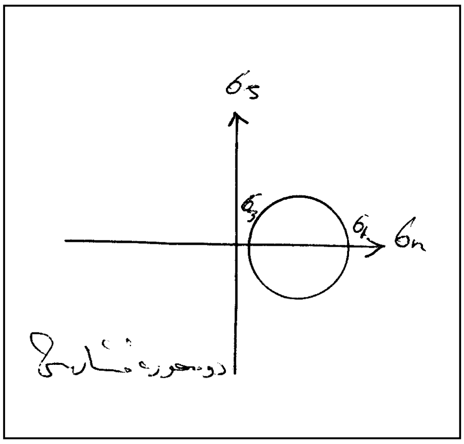
زاویه θ در خلاف جهت عقربه ساعت؛ چپگرد (+)

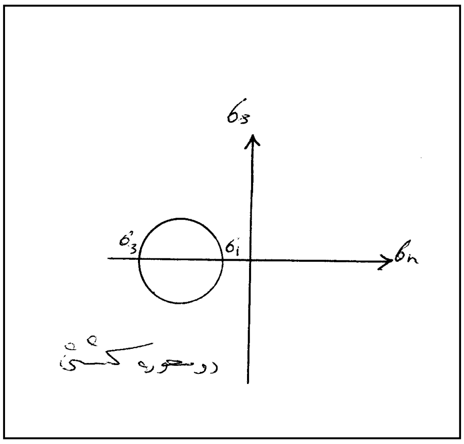
زاویه θ بین عمود بر سطح و $\delta ۱$ است $\begin{bmatrix} ۰-۹۰ \leftarrow \theta \\ ۰-۱۸۰ \leftarrow \theta \end{bmatrix}$

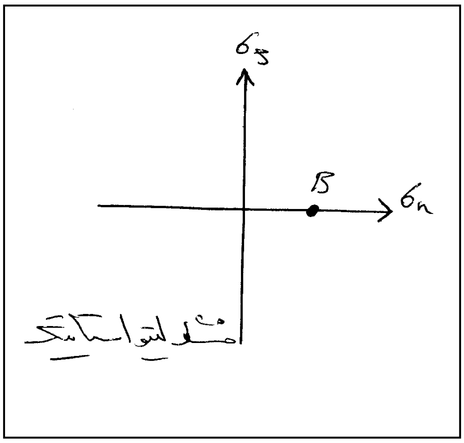
وضعیت‌های مختلف تنش





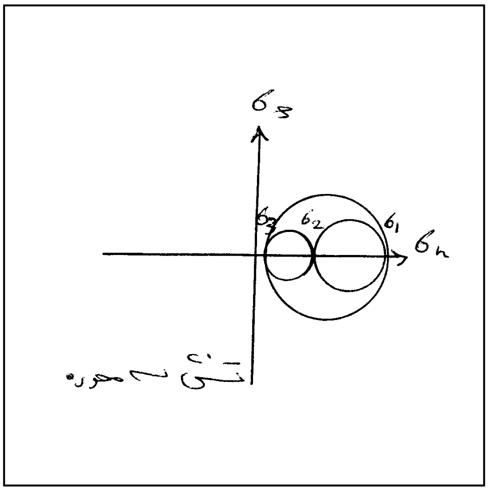


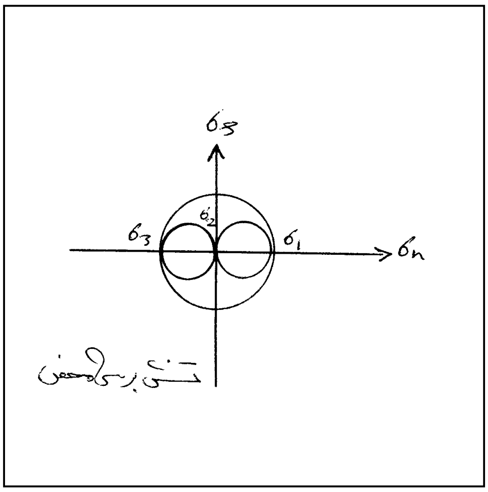




فشار لیتواستاتیک ← $\sigma_1=\sigma_2=\sigma_3\neq 0$ $\begin{bmatrix}\alpha & 0 & 0\\ 0 & \alpha & 0\\ 0 & 0 & \alpha\end{bmatrix}$ فقط فشار وجود دارد، نه برشی و نه کششی

فشار هیدرواستاتیک ← $\sigma_1=\sigma_2=\langle 0$ نه فشار و نه کشش $\begin{bmatrix}-\alpha & 0 & 0\\ 0 & -\alpha & 0\\ 0 & 0 & -\alpha\end{bmatrix}$





$$\sin^2\theta=\frac{1-\cos 2\theta}{2},\cos^2\theta=\frac{1+\cos 2\theta}{2}$$

- اگر فشار منفذی افزایش یابد؛ دایره موهر به سمت چپ حرکت می‌کند (کاهش تنش عمودی).
- اگر فشار همه‌جانبه افزایش یابد؛ دایره موهر به سمت راست حرکت می‌کند (افزایش تنش عمودی).

- تنش
  - $\leftarrow \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ ← دایره
  - $\leftarrow \sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ ← بیضی

نکات: $\sigma ij \quad i = j \rightarrow (\sigma n)$ تنش نرمال؛ $i \neq j \rightarrow (\tau = \sigma s)$ تنش برشی

برش: ساده چرخش دارد؛ محض چرخش ندارد

برش محض: $\sigma_1 = \sigma_3, \sigma_2 = 0 \Rightarrow \begin{bmatrix} \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\alpha \end{bmatrix}$

- فقط در برش محض است که دو صفحه عمود بر هم می‌توان پیدا کرد که استرس نرمال روی آن‌ها صفر باشد.
- در دگرگونی پیش‌رونده اگر محورهای اصلی استرین ثابت بماند برش محض است.
- در فشار لیتواستاتیک و کشش لیتواستاتیک (هیدرو) جسم دچار گسلش نمی‌شود، چون $\tau = \sigma s = 0$ (برش صفر است) و فقط تغییر حجم داریم.
- در تنش لیتواستاتیک اختلاف تنش صفر است پس دایره به‌صورت یک نقطه نمایش داده می‌شود.

تنش انحرافی: $\sigma' = \sigma - \overline{\sigma}$

تنش تفریقی: اختلاف تنش‌های اصلی $\begin{bmatrix} \sigma_1 - \sigma_2 \\ \sigma_1 - \sigma_3 \end{bmatrix}$

- عملکرد؛ تنش میانگین: تغییر حجم؛ تنش برشی: تغییر شکل

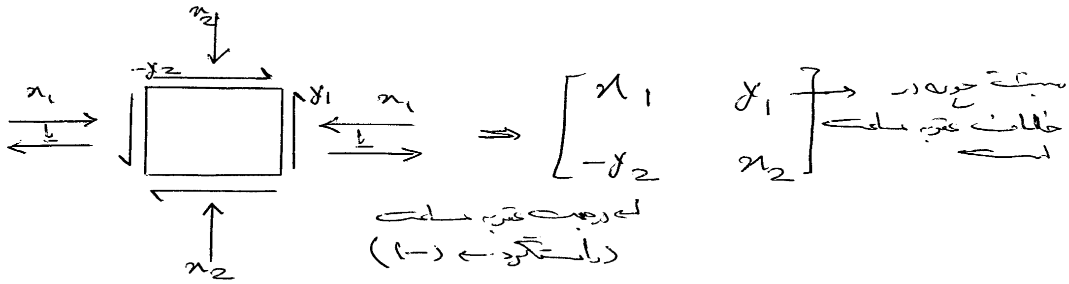
نکته: در ماتریس، عددی تنش اصلی است که σs آن صفر باشد؛ $\begin{bmatrix} 100 & 20 \\ 40 & 0 \end{bmatrix}$.

قضیه فیثاغورث:

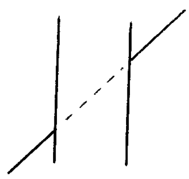
- سیستم دو محوری $\rightarrow \cos^2 \alpha + \cos^2 \beta = 1$
- سیستم سه محوری $\rightarrow \cos^2 \alpha + \cos_2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$

جدول نشانه‌ها			
ردیف	نشانه	ردیف	نشانه
۱	آلفاα	۶	$\sigma \leftarrow$سیگما یا زیگما
۲	بتاβ	۷	دلتا$\delta \rightarrow \Delta$
۳	تتاθ	۸	تاوτ
۴	گاما γ	۹	فیφ
۵	سای ψ	۱۰	لانداλ

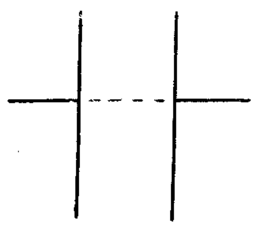
نکته: محاسبه محورهای اصلی تنش با رسم دایره موهر



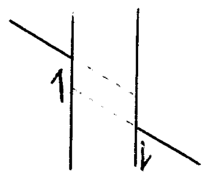
نکته: بررسی اشکال



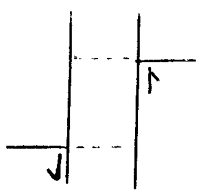
فقط کشش وجود دارد



کشش محض و برشی صفر است

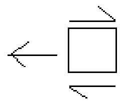


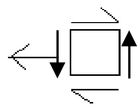
هم کشش و هم برش (راستگرد(-))

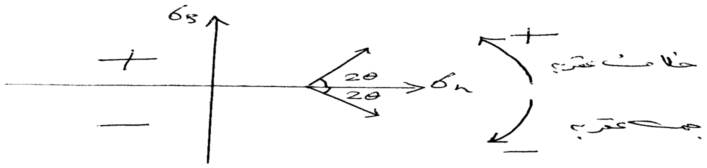


هم کشش وهم برش (چپگرد (+))

نمایش برش محض

برش ساده:  با چرخش

برش محض:  بدون چرخش



مثال: برش (محض: مکران ← σ۱؛ ساده: زاگرس ← σ۳)

- هرگاه دایره موهر با τ مماس شود، قطر دایره تنش نرمال و شعاع آن τ است پس: $\sigma n =$ ۲τ.
- در سیستم دو محوره فشارشی نمی‌توان صفحه‌ای را یافت که تنش نرمال آن صفر باشد.
- اگر $\alpha =$ ۳۰، به کمترین تنش برای شکستگی نیاز داریم.
- مهم‌ترین تنش در زمین‌شناسی، تراکمی یا فشارشی (+) است.
- پوش موهر در نواحی ساحلی به علت عدم چسبندگی از مرکز می‌گذرد (فاقد ضریب اصطکاک داخلی است).

ضریب اصطکاک داخلی

φ = ضریب اصطکاک داخلی که برای هر سنگی ثابت است.

$$\tan\varphi = \sigma\frac{\sigma s}{\sigma n} = \frac{F}{N}$$

- مقدار φ وابسته به جنس و خصوصیات سنگ است. در ماسه‌سنگ‌ها این میزان حدود ۳۰ است و در بقیه سنگ‌ها تغییرات در همین حدود است $\left(\pm 5\right)$.

پوش موهر

A) نواحی بالای پوش موهر منطقه ناپایداری است (ایجاد شکستگی در سنگ).

B) نواحی پایین پوش موهر نواحی پایداری است (شکستگی در سنگ نداریم).

نکته: زاویه α زاویه بین σn و استرس اصلی است:

$$\alpha = ۴۵ \times \frac{\varphi}{۲}$$

تنش برش $\pi = ۱۸۰$:

$\alpha = ۰ \leftarrow$ برش صفر است (۰) و تنش عمودی max.

$\alpha = \frac{\pi}{۲} \leftarrow$ برش صفر است (۹۰) و تنش عمودی min.

$\alpha = \frac{\pi}{۴} \leftarrow$ برش حداکثر (۴۵).

تنش برشی ماکزیمم به مقادیر اصلی بستگی ندارد، وابسته به θ است.

تنش برشی ماکزیمم (max):

اگر ۴۵ باشد $\frac{\pi}{۴}$؛ اگر ۳۵ باشد $\frac{۳\pi}{۴}$

نکته:

$\sigma۱\sigma۲ \leftarrow$ تزریق یا فولیاسیون

$\sigma۲\sigma۳ \leftarrow$شیستوزیته

$\sigma۱\sigma۳ \leftarrow$ جابه‌جایی

- دقت شود که $\sigma۱ = \sigma۳ = ۰$ بی‌معنی است.
- دقت شود در دو محوره نمی‌توان صفحه‌ای را یافت که تنش نرمال روی آن صفر باشد، فقط در برش محض است که می‌توان دو صفحه عمود بر هم پیدا کرد که استرس نرمال روی آن‌ها صفر است.

نکته:

$\Delta\sigma۱ \rightarrow$ (+)، $\Delta\sigma۲ \rightarrow$ (+ -)، $\Delta\sigma۳ \rightarrow$ (-)

تنش تفریقی: $\sigma۱ - \sigma۳$؛ $\sigma۱ - \sigma۲$ (اختلاف تنش‌های اصلی).

تنش مؤثر: $\sigma = \sigma' = \sigma - \rho_L$ (فشار منفذی - تنش اصلی).

نکات:

- نیروی وارد بر سنگ شامل عمل بر پیکره و عمل بر سطح است.
- به هر صفحه‌ای Surface گویند و اگر صفحه‌ای صاف باشد plan نام دارد.
- مهم‌ترین تنش در زمین، تنش تراکمی یا فشارشی (+) است که ایجاد گسل معکوس می‌کند.
- تنش خمشی: شامل هم‌فشارش، هم کشش و یک سطح خنثی است.

در تنش برشی ساده میزان تنش‌های نرمال σn برابر صفر است.

در محورهای اصلی استرین $\sigma s = ۰$ درنتیجه $\psi = ۰$ است.

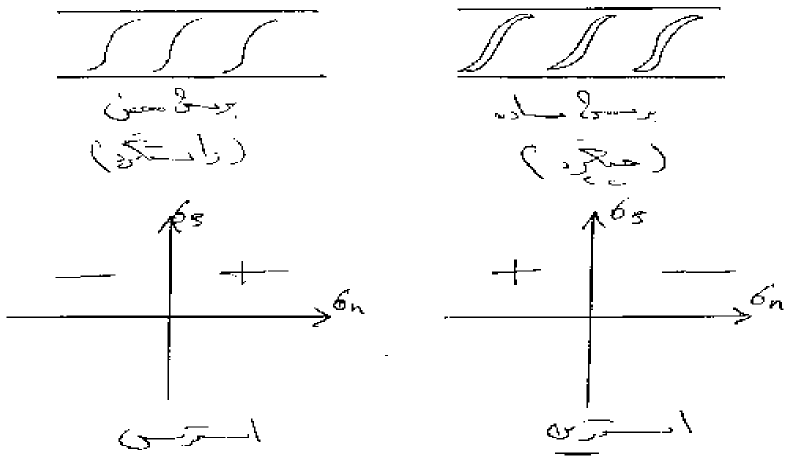
در برش ساده محورها تغییر می‌کند ولی در برش محض محورها تغییر نمی‌کند.

توجه در بحث استرس به حالت میدان‌های تنش توجه کنید:

A) تنش یک محوره: یکی از تنش‌ها مخالف صفر است (خطی)؛

B) تنش دو محوره: دو تا از تنش‌ها مخالف صفر می‌باشند (صحفه‌ای)؛

C) تنش سه محوره: سه تا از تنش‌ها مخالف صفر می‌باشند (سه‌بعدی).



نکته: حالت جسم:

استاتیک: $\sum F = 0$؛ دینامیک: $\sum F \neq 0$

- نیروهای مزدوج در امتداد یک سطح و نیروی کششی و فشارشی در امتداد یک خط عمل می‌کنند.

مؤلفه‌های نیرو

σn: تنش نرمال یا عمودی

σs: تنش برشی یا مماسی شامل؛ برش ساده و برش محض

در یک مقطع بردار تنش دارای یک مؤلفه تنش نرمال σn و دو تنش σs است.

تنش اصلی: $\sigma 1, \sigma 2, \sigma 3$ محورها و سطوح دارای آن به‌عنوان محورها و سطوح اصلی شناخته می‌شوند.

استرس میانگین $\rho = \frac{\sigma 1 + \sigma 2 + \sigma 3}{3}$

$\sigma n - \rho$=استرس انحرافی

- ρ حداکثر نسبت به $\sigma 1$ مساوی یا کمتر است.

$\sigma = \sigma' + \bar{\sigma}$

σ': تنش انحرافی؛ $\bar{\sigma}$: تنش میانگین؛ σ: تنش کل

افزایش فشار منفذی

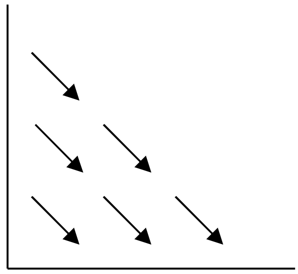
بر روی مؤلفه اصلی؛ باعث کاهش آن می‌شود.

بر روی مؤلفه برشی؛ بر روی آن بی‌تأثیر است.

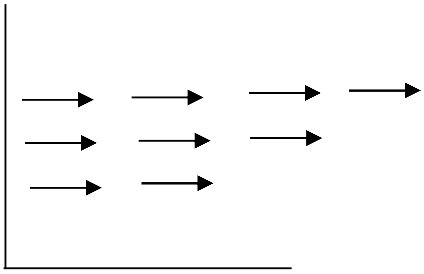
اگر فشار منفذی را زیاد کنیم: دایره به چپ می‌رود؛ هیدرواستاتیک (-)

اگر فشار همه‌جانبه را زیاد کنیم: دایره به راست می‌رود؛ لیتواستاتیک (+)

- تنش در سه بعد در حالت ناپایدار دارای ۹ مؤلفه و در حالت پایدار دارای ۶ مؤلفه است.
- تنش در دو بعد در حالت ناپایدار دارای ۴ مؤلفه و در حالت پایدار دارای ۲ مؤلفه است.



برش محض



برش ساده

$$\alpha + \theta = ۹۰$$

α زاویه بین $\sigma, \sigma n$ است		θ زاویه بین $\sigma n, \sigma s$ است

- تنش برشی ماکزیمم (۱۳۵ و ۴۵) به مقادیر تنش‌های اصلی بستگی ندارد، وابسته به θ است.

عامل تنش لیتواستاتیک یا میانگین: تغییر حجم

عامل تنش انحرافی: تغییر شکل

اگر $\sigma ۳ = ۰$ تراکمی دو محوری = فشاری دو محوری

اگر $\sigma ۱ = ۰$ کششی دو محوی

اگر $\sigma ۱ = \sigma ۲ = \sigma ۳ \rangle ۰$ هیدرواستاتیک کششی

$\sigma s = \tau = G.\gamma$ استرس برشی

ضریب پوآسون (همواره منفی)V= استرین قطری / استرین طولی

استرین یا واتنش (Strain)

تغییرات ساختاری شامل تغییر حجم و تغییر شکل در سنگ است.

رابطه بین محورهای استرین:

$$\lambda ۱ \geq \lambda ۲ \geq \lambda ۳$$
$$s۱ \geq s۲ \geq s۳$$
$$۱ + e۱ \geq ۱ + e۲ \geq ۱ + e۳$$

استرین یا واتنش

۱) هموزن یا همگن یا یکنواخت

۲) غیر هموزن یا ناهمگن یا غیریکنواخت

استرین همگن یا هموزن: در این استرین خطوط موازی در جسم پس از تغییر شکل به حالت موازی باقی می‌ماند

استرین ناهمگن: خطوط موازی در جسم پس از تغییر شکل از حالت موازی خارج می‌شود

تغییرات ساختاری در جسم پس از اعمال استرس شامل موارد ذیل است:

۱) نقل‌مکان یا Transportation

۲) چرخش یا Rotation

۳) تغییر حجم یا Dilation

۴) تغییر شکل یا Distortion

پارامترهای استرین

توجه فرمایید که پارامترهای استرین شامل استرین طولی و زاویه‌ای است.

۱- پارامترهای استرین طولی:

A) کشیدگی یا طویل شدگی

استرین خطی $e = \frac{\Delta l}{L_0} = \frac{L_1 - L_0}{L_0} = \frac{L_1}{L_0} - 1 \quad (-1 \langle e \langle +\infty)$

حال اگر طول خط افزایش یابد + و اگر طول خط کاهش یابد - است.

محدوده e $\quad \begin{array}{l} L_0 = 1, L_1 = 0 \rightarrow e = -1 \\ L_0 = 1, L_1 = \infty \rightarrow e = \infty \end{array} \quad -1 \langle e \langle +\infty$

نکته: e واحد ندارد و درواقع مشخص‌کننده استرین طولی است و معمولاً برحسب درصد (٪) بیان می‌شود.

B) مربع طویل‌شدگی یا کشیدگی؛ مجذور طویل‌شدگی یا کشیدگی:

مربع کشیدگی $\lambda = (1+e)^2 = \left(\frac{L_1}{L_0}\right)^2 = s^2$

توجه: این فاکتور λ مهم‌ترین پارامتر برای استرین طولی است.

نکته: $1 \langle \lambda$ انبساط، $\lambda \langle 1$ انقباض، $\lambda = 0$ (Defrmation)

محدوده λ با شرایط اینکه $L_0 = 1$

همیشه (+) $0 \langle \lambda \langle \infty \quad \begin{array}{l} L_1 = 0 \rightarrow \lambda = 0 \\ L_1 = \infty \rightarrow \lambda = \infty \end{array}$

همواره این رابطه برقرار است: $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3$

C) کشیدگی:

کش آمدگی $S = 1 + e = \frac{L_1}{L_0}$

محدوده کشیدگی $\Rightarrow 0 \langle S \langle +\infty$

توجه $S \rangle 1$ (افزایش طول)، $S \langle 1$ (کاهش طول)، $S = 0$ (بدون تغییر)

D) عکس مربع کشیدگی:

عکس مربع کشیدگی $\lambda' = \frac{1}{\lambda}, -\infty \langle \lambda' \langle 0$

E) پارامتر لگاریتمی استرین طولی:

لگاریتمی $\sigma = \log(1+e) = \frac{1}{2}\log\lambda = \log\frac{L_1}{L_0}$

$-\infty\langle\sigma\langle+\infty$ محدوده σ $\begin{matrix} L1 \to 0 \sigma = -\infty \\ L1 \to \infty \to \sigma = +\infty \end{matrix}$

۲- پارامترهای استرین زاویه‌ای:

A) استرین زاویه‌ای:

$$\gamma = tag\psi = \frac{\gamma}{\lambda} \Rightarrow \gamma' = \frac{\gamma}{\lambda}$$

در این فرمول؛ استرین برشی γ = و استرین طولی = λ

نکته:

ψ در جهت عقربه‌های ساعت -

ψدر خلاف جهت عقربه‌های ساعت +

در استرین طولی $\lambda' = \frac{\lambda'3+\lambda'1}{2} - \frac{\lambda'3-\lambda'1}{2}$

در استرین برشی $\gamma' = \frac{\lambda'3-\lambda'1}{2}.\sin 2\theta'$

توجه نکات برش محض و برش ساده در صفحات گذشته بررسی‌شده است.

نکته:

در زمین‌شناسی نسبت کشیدگی $R = \frac{S1}{S3}$ دارای اهمیت زیادی است.

استرینی که منجر به بزرگ‌شدگی شود را Dilation گویند که با علامت + نمایش داده می‌شود. استرینی که منجر به کوتاه‌شدگی شود را Shortening گویند.

که با علامت - نمایش داده می‌شود.

محاسبه زاویه قبل از دگرشکلی

$\tan\theta' = \tan\theta\left(\frac{S2}{S1}\right)$، (زاویه بعد از دگرشکلی = θ'، زاویه بعد از دگرشکلی = θ)

- با توجه به اینکه تغییرات e بین ۱- و ∞ است، بنابراین هر عددی کوچک‌تر از ۱- غیرقابل‌قبول است.

نکات:

- در محورهای اصلی استرین $\sigma s = 0$ درنتیجه $\psi = 0$
- هر چه R بیشتر شکل بیضوی‌تر می‌شود ولی در دایره R=1
- استرینی که منجر به بزرگ‌شدگی شود:dilation
- استرینی که منجر به کوتاه شدگی شود: shortening
- شرط اصلی خطوط بدون تغییر شکل: $\psi \neq 0 \Leftarrow \lambda' = 1$

در محورهای اصلی استرین $\sigma s = 0 \Leftarrow \psi = 0$

توجه:

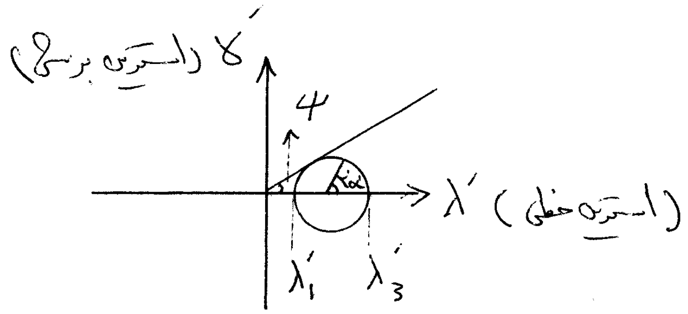
استرس فشارشی + و استرس کششی - است.

استرین فشارشی - و استرین کششی + است.

محورهای اصلی استرس: $\sigma ۱$ و $\sigma ۲$ و $\sigma ۳$

محورهای اصلی استرین: $S ۱$ و $S ۲$ و $S ۳$

دایره موهر برای استرین:



ψ: زاویه اصطکاک داخلی:

$$\left| \begin{array}{l} S۱ = ۱ + e۱ \\ S۲ = ۱ + e۲, \\ S۳ = ۱ + e۳ \end{array} \right. \qquad \left| \begin{array}{l} \lambda۱ = S_۱^{۲} \\ \lambda = S_۲^{۲} \\ \lambda۳ = S_۳^{۲} \end{array} \right. \qquad \left| \begin{array}{l} \lambda'۱ = \frac{۱}{\lambda۱} \\ \lambda'۲ = \frac{۱}{\lambda۲} \\ \lambda'۳ = \frac{۱}{\lambda۳} \end{array} \right.$$

استرین برشی $\gamma' = \frac{\lambda}{\sigma} = \frac{\gamma}{\lambda'}$

نکته:

اگر جسمی دارای عناصر خطی باشد، آن عناصر خطی‌ای که موازی برش هستند، ψ (زاویه اصطکاک داخلی) آن‌ها برابر با ψ کل است (که حداکثر است)، بقیه خطوط ψ کمتری نشان می‌دهند.

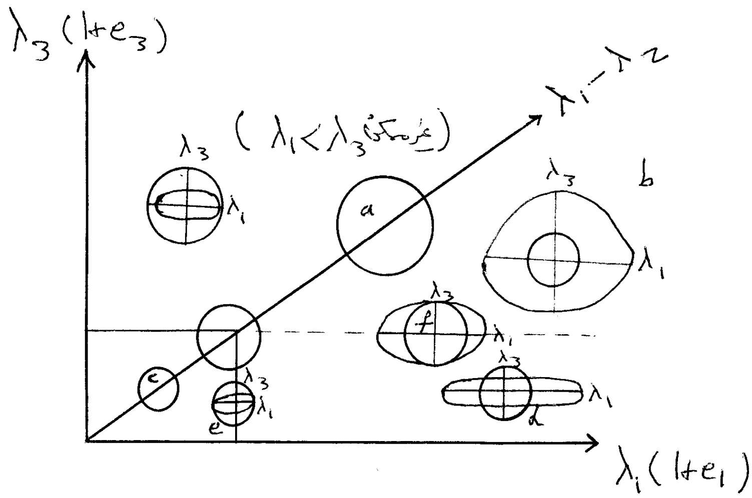
بررسی بیضی استرین:

افزایش طول $S \rangle ۱ \Big| ۱ \begin{Bmatrix} a \\ b \end{Bmatrix}$ بودین / چین unfold

کاهش طول $S \langle ۱ \Big| \begin{array}{l} ۲ \\ ۳ \end{array}$ بودیناژ / چین

کشش $\Leftarrow$ بودین		طویل شدگی و کشش $\rightarrow ۱a$

فشارش $\Leftarrow$ چین		کوتاه شدگی و فشارشی $\rightarrow ۳$



نکته:

بر روی خط $(\lambda۱ - \lambda۲)$تغییر شکل نداریم و فقط تغییر حجم داریم.

$a : \lambda۱ + \lambda۳ \rangle ۱$

$b : \lambda۱ \neq \lambda۳ \rangle ۱$

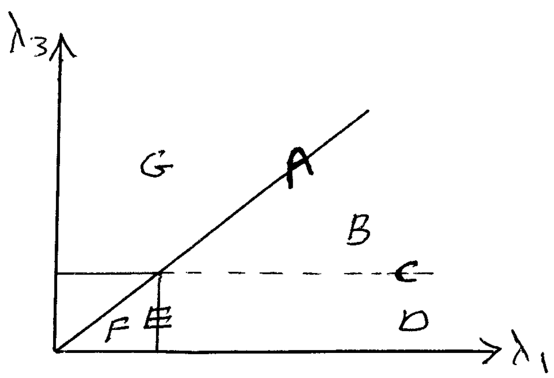
$c : \lambda۱ + \lambda۳ \langle ۱$

$d : \lambda۱ \rangle ۱, \lambda۳ \langle ۱$

$e : \lambda۱ = ۱, \lambda۳ \langle ۱$

$f : \lambda۱ = ، \lambda۳ :$

$\lambda۳$:بدون متغیر، $\lambda۱$ = متغیر



چین ساده (گسل معکوس): E		فقط تغییر حجم: A

چین نامنظم و گنبد و مشابه تخم‌مرغ:F		بودیناژ شکلاتی:B

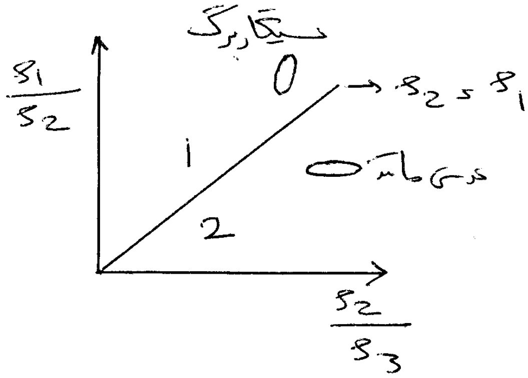
$(\lambda۱ \langle \lambda۳)$غیرممکن: G		بودیناژ عادی (گسل نرمال): C

چین بودینگ شده: D

توجه: رابطه استرس - استرین یک رابطه خطی است؛ $\sigma = E.e$

(E: ضریب یانگ)

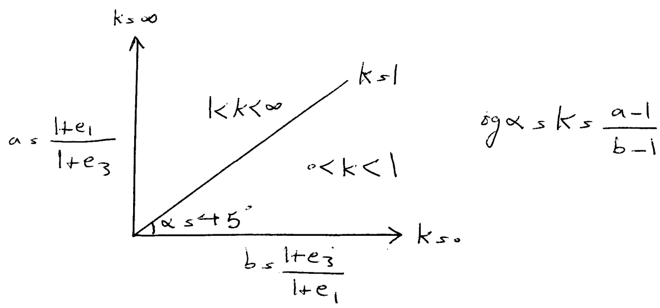
نمودار سه‌بعدی فلین:



ناحیه یک: در این ناحیه $S_2 \le S_1$ است و S_2 تقریباً با S_3 مساوی است، بیضوی استرین این ناحیه کشیده و سیگار مانند است.

ناحیه دو: در این ناحیه $S_3 \le S_2$ است و S_2 تقریباً با S_1 برابر است. بیضوی استرین این ناحیه دیسکی و عدسی مانند است.

نکته: تعبیر کلی از بیضی که دوبعدی است درست نیست و دقت کمی دارد. برای تبدیل دوبعدی به سه‌بعدی از دو نسبت استفاده می‌کنیم:



$$\tan\alpha = K = \frac{a-1}{b-1} \qquad a = \frac{1+e_1}{1+e_3}$$

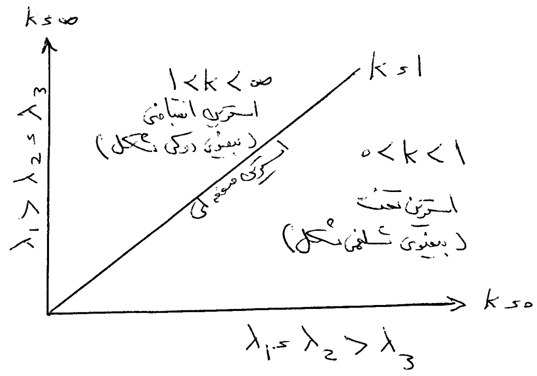
اگر $k=\infty$، $b=1$، $e_2=e_3$ باشد مقطع دایره است و از نظر شکل سیگار کشیده شده است.

اگر k=0 باشد به شکل کلوچه درمی‌آید، در این حالت تخت‌شدگی متقارن محوری داریم.

اگر k =1 باشد، هم مقطع طولی و هم مقطع عرضی دایره است.

اگر $1<k<\infty$ استرین انقباضی داریم و بیضوی دوکی‌شکل است.

اگر $0<k<1$ استرین تخت داریم و بیضوی شلغمی شکل است.



❖ بودین یا بودیناژ:

قرار گرفتن لایه سخت بین لایه‌های نرم و اعمال کشش (استرس) که سبب گسسته شدن لایه سخت می‌شود.

❖ اشکال زیگموئیدال:

ابتدا استرس نرمال و سپس استرس برشی بر جسم وارد می‌شود که استرین چرخشی در حاشیه لایه و قسمت مرکزی چرخشی ایجاد می‌شود.

❖ مراحل تغییر شکل اجسام:

مرحله الاستیک: پس از حذف تنش از روی جسم این جسم، دوباره به حالت اولیه خود بازمی‌گردد. به‌طورکلی تمامی سنگ‌ها و پوسته جامد زمین این خاصیت را نشان می‌دهند.

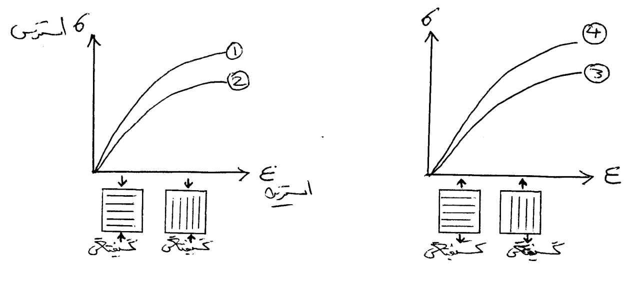
مرحله پلاستیک: پس از حذف تنش، جسم به حالت اولیه خود بازنمی‌گردد.

مرحله پلاستیک تا زمانی که اولین شکستگی در نمونه تغییر شکل یافته مشاهده شود ادامه می‌یابد، پس‌ازاین مرحله جسم وارد مرحله گسیختگی یا شکنندگی می‌شود.

نکته: حدفاصل یا مرز تغییر شکل پلاستیک و الاستیک را حد الاستیک گویند.

❖ **عوامل مؤثر در شکل‌پذیری سنگ‌ها**

۱- فشارهای همه‌جانبه ۲- حرارت ۳- محلول‌ها ۴- جنس سنگ ۵- زمان ۶- همگن یا ناهمگن بودن سنگ



بررسی دایره موهر برای استرین:

ψ: زاویه اصطکاک داخلی

γ': استرین برشی

λ': استرین خطی

$\Rightarrow S1 = 1 + e1, S2 = 1 + e2, S3 = 1 + e3$

$\Rightarrow \lambda =$ فاکتور مجذور کشیدگی $\Rightarrow \lambda = S^2$

$\Rightarrow \lambda1 = S1^2, \lambda2 = S2^2, \lambda3 = S3^2$

$\Rightarrow \lambda' =$ فاکتور عکس مجذور کشیدگی $\Rightarrow \lambda' = \frac{1}{\kappa}$

$\Rightarrow \gamma' = \frac{\lambda}{\sigma} = \frac{\gamma}{\lambda'}$

$\Rightarrow \lambda = 2\lambda_0$

$\Rightarrow \gamma = \tan\psi$

توجه

$[\leftarrow +\psi \leftarrow +\theta']$ جهت عقربه		جدا کردن θ ازطرف $\sigma1$ است

$[\leftarrow -\psi \leftarrow -\theta']$ خلاف عقربه		جدا کردن $2\theta'$ از طرف $\lambda1'$ است

نکات:

انواع استرین

استرین کمی شامل: خطی $e \leftarrow$:

(+) کششی (افزایش طول)، (-) فشارشی (کاهش طول) است.

استرین برشی $\gamma \leftarrow$ $\gamma = \tan\psi$:

برش محض (pure) ← ۹۰؛ برش ساده (simple) ← ۰؛ ۹۰-۰

استرین کیفی (کششی، فشارشی، برشی، پیچشی)

شکستگی و برش

برش محض: در راستای $\sigma1$ ← مکران

برش ساده: در راستای $\sigma3$ ← زاگرس

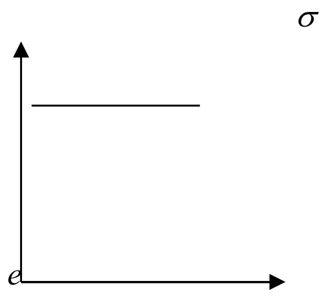
۱- کشیدگی: $(-1\langle e \langle +\infty) \Rightarrow e = \frac{L1 - L_0}{L_0} = \frac{L1}{L_0} - 1$

۲- مربع کشیدگی: $(0 \langle \lambda \langle \infty) \Rightarrow \lambda(1+e)^2 = \left(\frac{L1}{L_0}\right)^2$

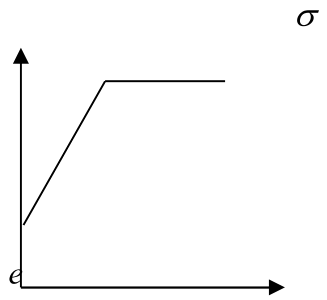
۳- عکس مربع کشیدگی: $(-\infty \langle \lambda' \langle 0) \Rightarrow \lambda' = \frac{1}{\lambda}$

۴- لگاریتمی: $(-\infty \langle \sigma \langle +\infty) \Rightarrow \sigma = \log\left(\frac{L1}{L_0}\right)$

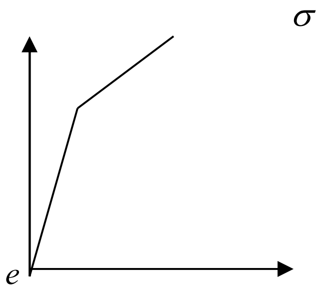
توجه:



اجسام پلاستیک



اجسام پلاستیک ایده آل

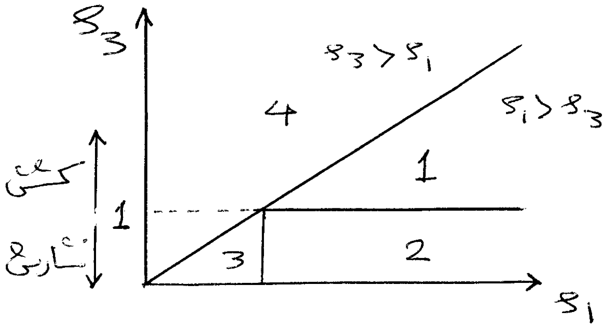


اجسام شکل پذیر معمولی

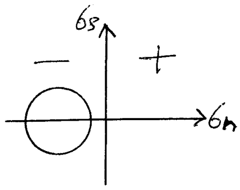
- در هر نقطه از صفحه ما یک مؤلفه عمودی σn و ۲ مؤلفه برشی σs داریم.

نشان دادن استرین در دو بعد:

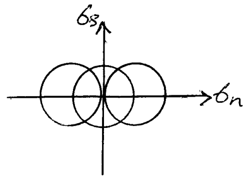
R نسبت کشیدگی = $\frac{S1}{S3}$



ناحیه یک: $S1, S3 \rangle 1$، در دو جهت طویل‌شدگی داریم و دو گسل نرمال، افزایش طول استرس‌های آن کششی (-)



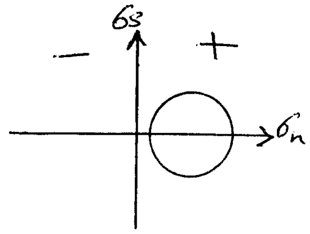
ناحیه دو: جسم به نسبت یکسان از همه جهت بزرگ یا کوچک می‌شود.



$S1 \rangle 1$ ←طویل شدگی ← استرس آن کششی (-) ←گسل نرمال

$S3 \rangle 1$ ←کوتاه شدگی ← استرس آن فشارشی (+) ← گسل تراستی

ناحیه سه: استرس آن فشارشی (+)

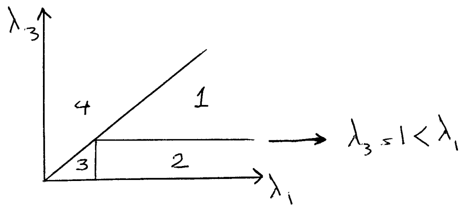


$S_1, S_2 < 1$ ← کوتاه شدگی و دو گسل تراستی ← کاهش طول

ناحیه چهار: به علت اینکه $S_1 < S_3$ این منطقه وجود ندارد

- استاتیک: مجموع نیروهای وارده بر جسم برابر صفر است (بدون حرکت)
- دینامیک: مجموع نیروهای وارده مخالف صفر است (ایجاد حرکت در جسم)

استرین ψ = استرس φ



$\lambda_3 = 1 < \lambda_1$ در شرایط شکننده ← گسل نرمال؛ در شرایط غیرشکننده ← بودیناژ

۱) بودیناژ شکلاتی - گسل نرمال غیر موازی

۲) نواحی دگرگونی - چین بودین شده (قطعه‌قطعه)

۳) از هر دو طرف تنش فشارشی، ساخت شانه تخم‌مرغی

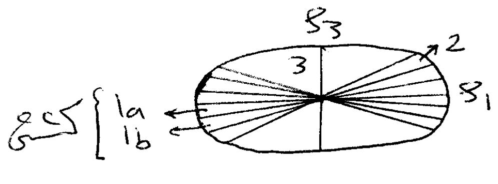
در مناطق شکننده ← گسل معکوس

در مناطق غیر شکننده ← چین با روند محوری عمود بر هم

توجه:

خطوط بدون تغییر شکل بین نواحی ۱ و ۳ و ناحیه ۲ وجود دارد.

بیضی استرین:



ایجاد برش محض ← استرین غیر چرخشی یا هم‌محور

استرین مؤثر فقط نرمال یا عمودی است و برش صفر است

$1a$ ← افزایش طول خطوط، کشش (استرس)، بودیناژ

$1b$ ← ابتدا کاهش و سپس افزایش و درنهایت افزایش، بودین چین‌خورده

۲ ← ابتدا کاهش و بعد افزایش و درنهایت کاهش

۳ ⟵ کاهش طول خطوط، فشارشی، چین

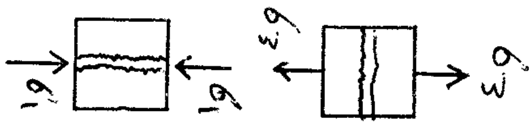
❖ مکانیک شکستگی و گسلش

A از نظر نوع جابه‌جایی:

a: در این نوع شکستگی، جابه‌جایی عمود بر صفحه شکستگی است، کشش وجود دارد و فقط بازشدگی دیده می‌شود.

a۲ : شکستگی از نوع برشی است و جابجایی روی صفحه شکستگی و عمود بر امتداد شکستگی است.

B: از نظر نوع منشأ:



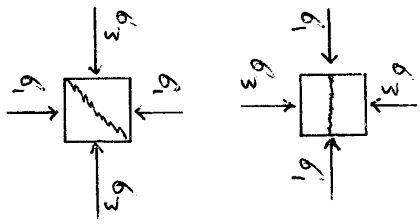
b_1 : شکستگی عمود بر کشش

- زاویه بین $\sigma۳$ و شکستگی: ۹۰

b_2: شکستگی موازی فشارش

- زاویه بین $\sigma۳$ و شکستگی: صفر

b_3 : شکستگی موازی فشارش اما در حالتی که تنش فشارشی و سه محوره باشد.



از هر سه جهت به جسم تنش فشارشی وارد شده است.

b_4 : شکستگی در حالتی که با جهت $\sigma۱$ زاویه حدود ۳۰ بسازد.

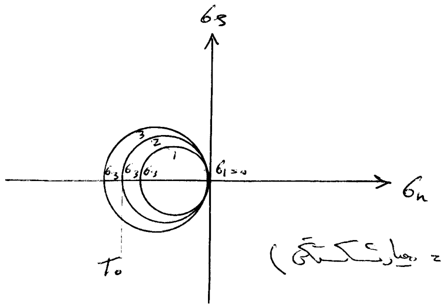
زاویه بین شکستگی و $\sigma۱$: ۳۰

زاویه بین شکستگی و $\sigma۳$: ۶۰

❖ چگونگی ایجاد شکستگی

به‌طورکلی هر جسمی دارای مقاومت کششی خاصی است؛ که اگر تنش وارده بیش از این مقاومت باشد شکستگی اتفاق می‌افتد.

معیار شکستگی = $\sigma n = T۰$



اگر $\sigma 3 \rangle T\cdot$ ← فاقدشکستگی؛

اگر $\sigma 3 = T\cdot$ ←دارای شکستگی؛

اگر $\sigma 3 \langle T\cdot$ ← حالت ناپایداری، نکته:

بررسی مقاومت سنگ به‌وسیله معیار کولومب:

زاویه اصطکاک درونی $\rightarrow C + \sigma n \tan \varphi$ چسبندگی $= \tau$ مقاومت $= \sigma s$

توجه: اگر تنش وارده بیشتر از τ باشد شکستگی اتفاق می‌افتد.

توجه: با افزایش فشار همه‌جانبه، σs ثابت می‌شود و جسم حالت شکل‌پذیر می‌یابد.

نکته: در جسمی که شکستگی داریم با اعمال نیروی مجدد چه اتفاقی می‌افتد (α: زاویه بین شکستگی و $\sigma 1$)

α : ۵۰–۴۵ ← حرکت در امتداد شکستگی قبلی

α : ۵۰⟨← ایجاد شکستگی جدید

نکته:

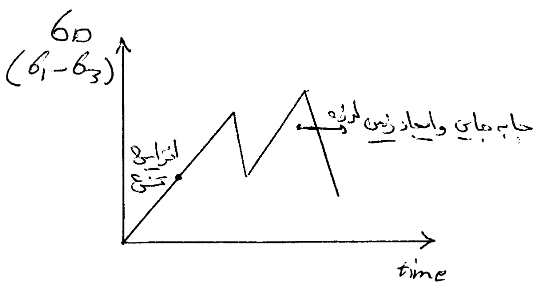
جسم در وضعیت کششی از همه ناپایدارتر است، یعنی پایداری کمتری اجسام در حالت کششی دارند.

افزایش فشار آب منفذی:

- بر روی تنش برشی بی‌اثر است.
- باعث کاهش تنش نرمال می‌شود.

توجه:

اگر دایره موهر به خاطر انتقال ناشی از فشار آب منفذی با پوش کششی مماس شود، شکستگی از نوع شکستگی کششی ایجاد می‌شود و اگر دایره موهر با پوش کولومب مماس شود شکستگی برشی ایجاد می‌شود.



ساختارهای زمین‌شناسی

۱- ساختار صفحه‌ای: مثل لایه‌بندی، گسل، درزه

۲- ساختارهای خطی: مثل لامیناسیون

توجه: در مورد روابط هندسی این ساختارها از مختصات فضایی بهره می‌بریم.

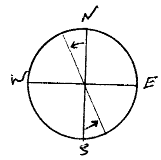
مختصات فضایی:

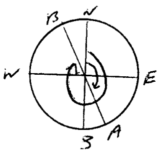
۱- روند: جهت یک خط روی صفحه‌ای افقی که به‌وسیله آزیموت یا بیرینگ بیان می‌شود.

۲- تمایل: واژه‌ای کلی برای زاویه قائم (در یک خط قائم) بکار می‌رود.

- بیرینگ: زاویه‌ای افقی که در جهت عقربه‌های ساعت از شمال اندازه‌گیری می‌شود.

مثال
۱) N30w: بیرینگ نسبت به شمال
۲)S30E: بیرینگ نسبت به جنوب





مثال
۱)160: آزیموت نسبت به یک سر (A) صفحه
۲)340: آزیموت نسبت به سر دوم (B) صفحه

برای بیان مختصات فضایی از عوامل زیر بهره می‌بریم:

A) راستا یا امتداد Strike: روند یک خط افقی روی صفحه مایل است.

شیب صفحه در امتداد خطStrike صفر است و در جهت عمود بر خط Strike ماکزیمم است.

B) شیب یا dip

۱) شب حقیقی: حداکثر شیب یک صفحه

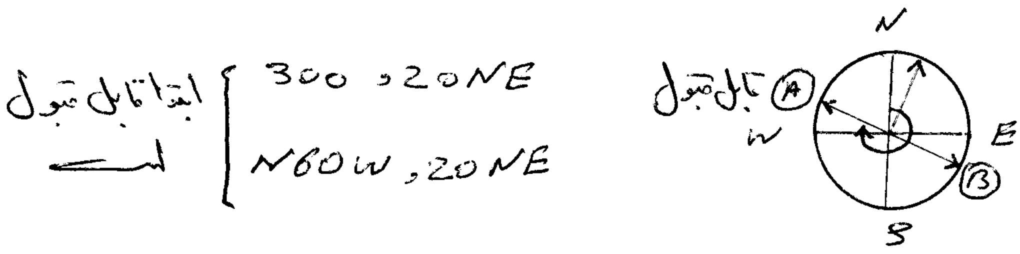
۲) شیب ظاهری: شیب در جهتی غیر از جهت عمود بر صفحه

C) جهت شیب: همواره عمود بر صفحه رسم می‌شود.

نکته: در نوشتن عدد مربوط به آزیموت اگر عددی دورقمی باشد و یا یک‌رقمی، قبل از آن صفر استفاده می‌شود تا تعداد ارقام به ۳ برسد. 045 یا 009

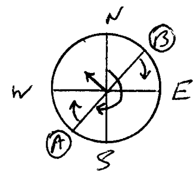
قاعده دست راست:

به‌طورکلی خط امتداد روی دایره دارای دو انتها است. طبق قاعده دست راست آن جهت انتهایی قابل‌قبول است که اگر ما در موقعیت خط امتداد در آن جهت بایستیم در سمت راست ما باشد.



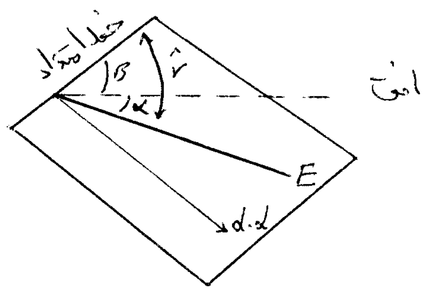
قاعده دوم برای یافتن جهت انتهای صحیح:

انتهایی قابل‌قبول است که اگر از آن انتها در جهت عقربه‌های ساعت بچرخیم به جهت شیب برسیم:



$$\begin{cases} S30W,60NW \\ 210,60NW \end{cases}$$

وضعیت خط در صفحه:



به‌طورکلی هر صفحه‌ای از بی‌نهایت خط تشکیل می‌شود با توجه به شکل خط E را در نظر داریم:

$\hat{\alpha}$ ←زاویه خط با افق

$\hat{\beta}$ ←زاویه بین خط و خط امتداد در افق

$\hat{r}$ ←زاویه بین خط و خط امتداد در صفحه

نکته: زاویه $\hat{r}$، مجموع α, β نیست.

- دریک خط همواره دو خط با دو مسیر را می‌توان یافت که شیب ظاهری α یکسان داشته باشند. حال مسیرهایی که شیب ظاهری‌شان با هم برابر است، $\hat{r}, \hat{\beta}$آن‌ها با هم برابر است (خط Strike) امتداد، عمود بر dd رسم می‌شود

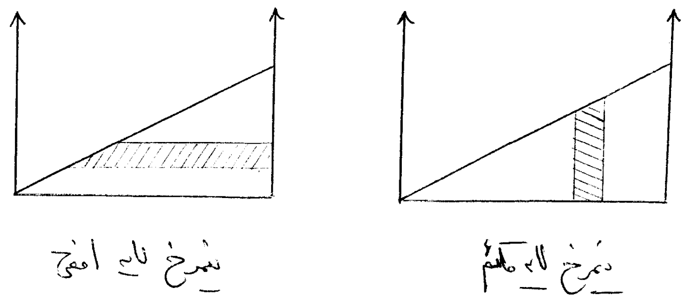
توجه: $\hat{r}, \hat{\beta}$ در مواقعی که ۹۰ یا $\hat{\beta} = ۰$ باشد، با هم برابرند.

انواع ضخامت

۱) t_t: ضخامت واقعی یا حقیقی

۲) t_V: ضخامت قائم یا عمودی		همواره $t_V \geq t_t$

۳) t_h: ضخامت افقی



توجه:

β و زاویه میان امتداد و جهت شیب ظاهری α، شیب ظاهری δ رابطه بین شیب حقیقی

$Tan\alpha = Tan\delta.\sin\beta$

فرمول کلی ضخامت $TB = OT\left[(\cos\theta.\sin\alpha.\sin\sigma)\pm(\sin\theta.\sin\alpha.\cos\sigma)\right]$

فرمول کلی تعیین عمق $TB = OK\left[(\cos\theta.\sin\alpha.\tan\sigma)\pm(\sin\theta)\right]$

نکته: همسو (-) و غیرهمسو (+) است.

روش غیرمستقیم:

۱) حالت اول: حالتی که لایه روی سطح افق مشخص باشد؛

شیب لایه $\rightarrow \sin\sigma \times$ پهنای لایه $\rightarrow t = w$ ضخامت افقی

W (پهنای لایه): فاصله بین دو سطح بالا و پایین لایه در جهت عمود بر امتداد

نکته: در مسائل مربوط به ضخامت نکته‌ای که می‌بایست به آن توجه کنیم، بایستی ببینیم جهت پیمایش عمود بر امتداد است یا خیر؟ اگر جهت پیمایش عمود نبود با استفاده از زاویه W,B می‌بایست W و سپس t را به دست آورد.

۲) حالت دوم: حالتی که لایه روی سطح مایل رخنمون شده باشد؛

چنانچه سطح زمین افقی نباشد از فرمول کلی زیر بهره می‌بریم:

$$t_t = w\sin\left(\delta \pm S\right)$$

علامت منفی $\Leftarrow \delta, S$ هم‌جهت $\leftarrow$اگر

علامت مثبت خلاف جهت $\leftarrow$اگر

نکات پیرامون حالت دوم

A: لایه مایل S,δ، هم‌جهت و $S,\delta \Leftarrow t = w\sin(S-\delta)$

B: لایه افقی، $\delta = ۰ \Leftarrow t = w\sin S$

C: لایه مایل، S,δ در خلاف جهت و $S,\delta \Leftarrow t = w\sin(S+\delta)$

D: لایه مایل اما قائم بر سطح تماس $\Leftarrow t = w$

E: لایه مایل در S,δ خلاف جهت، با x زاویه ۱۸۰ می‌سازد $\Leftarrow t = win(۱۸۰-(S+\delta))$

F: لایه قائم، یا x زاویه ۹۰ می‌سازد $\Leftarrow t = w\sin(۹۰-S)$

G: لایه مایل S,δ هم‌جهت و $\delta \rangle S \Leftarrow t = w\sin(\delta - S)$

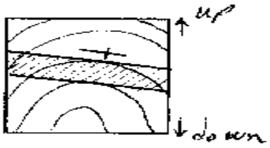
توجه: (+) خلاف جهت؛ (-) هم‌جهت

❖ تعین ضخامت از روی نقشه:

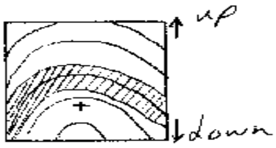
$\cos\delta$ (عدد کوچک‌تر مربوط به خط کنتوری - عدد بزرگ‌تر مربوط به خط کنتوری) = t

❖ قوانین v:

۱- اگر بیرون‌زدگی لایه به‌صورت مستقیم در نقشه دیده شود، لایه قائم است یعنی $\delta = ۹۰$

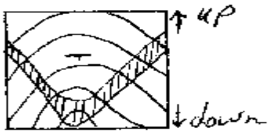


۲- اگر مرز بیرون‌زدگی با خطوط توپوگرافی موازی باشد، لایه افقی است یعنی $\delta = ۰$



۳- اگر V توپوگرافی و V لایه عکس هم باشند، S,δ هم‌جهت‌اند، اما $\delta \rangle S$

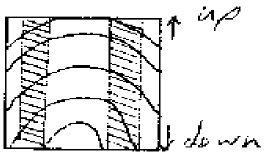
- توجه: لایه به سمت پایین شیب دارد.



۴- اگر دهانه V لایه نسبت به V توپوگرافی بازتر باشد S,δ در خلاف جهت هم هستند، در این حالت V لایه توپوگرافی و V هر دو در یک‌جهت‌اند.

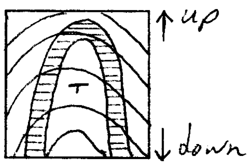


- توجه: فقط در همین حالت S,δ خلاف جهت هم هستند و لایه به سمت بالا شیب دارد.



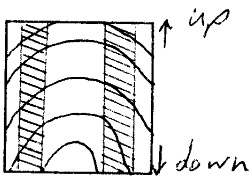
۵- دهانه V توپوگرافی نسبت به V لایه بازتر باشد (دهانه V لایه بسته‌تر باشد)، در این حالت S,δ هم‌جهت‌اند، اما $S\rangle\delta$.

- توجه: لایه به سمت پایین شیب دارد.



۶- اگر رخنمون لایه به‌صورت دو نوار تقریباً مستقیم باشد V تشکیل نمی‌شود، در این حالت رأس V در بی‌نهایت تشکیل می‌شود. در این حالت S,δ هم‌جهت‌اند.

- توجه: لایه به سمت پایین شیب دارد.



نکته: در نقشه‌های زمین‌شناسی همواره جهت شیب از ارتفاع بیشتر به کمتر است.

- توجه کنید که درروی نقشه هر چه انحناء گسل بیشتر باشد، شیب آن کمتر است.

با توجه به جهت شیب:

بلوک در جهت شیب ← فرادیواره

بلوک خلاف جهت شیب ← فرودیواره

❖ چین یا Fold:

هرگونه خمیدگی در یک سطح را چین گویند. به‌طورکلی برای نمایش دادن چین‌ها و یا بسیاری موارد دیگر زمین‌شناسی از نیمرخ یا مقطع بهره می‌برند.

میزان انحناء بزرگ‌ترین دایره‌ای که مماس به قسمت منحنی شود، عکس شعاع آن را میزان منحنی نامند.

$c=\frac{1}{r}$ میزان انحناء

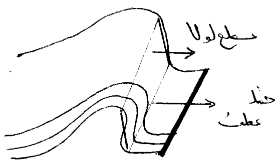
هر خمش یا چین در درون سنگ‌ها از یکسری عناصری تشکیل‌شده:

۱) نقطه لولا: درروی سطح چین، نقطه‌ای روی چین که بیشترین انحناء را از خود نشان می‌دهد.

حال اگر روی سطح یک چین نقاط لولا را به هم وصل کنیم، خط لولا به دست می‌آید.



۲) سطح لولا: یک مجموعه سنگی را داریم که در حال چین خوردن است که سطح یک خط لولا دارد، اگر خط لولاهای واحدهای مختلف را که با هم چین خورده‌اند را به هم وصل کنیم، سطح لولا به دست می‌آید.



اصطلاحات متداول در مورد چین‌ها

۱- زنجیره چین‌خوردگی: اگر دریک منطقه یک سری چین‌خوردگی پشت سرهم وجود داشته باشد این چین‌خوردگی‌ها را زنجیره چین‌خوردگی گویند.

۲- سیستم چین‌خوردگی: چین‌خوردگی‌های یک منطقه که دارای منشأ تکتونیکی یکسان‌اند.

۳- انحناء چین: به مقدار انحناء یا خمش چین گفته می‌شود، هر چه شعاع انحناء بیشتر شود انحناء کمتر می‌شود و بالعکس.

۴- رأس: از نظر لغوی بیشترین ارتفاع مدنظر است، برای گنبد هم بکار می‌رود.

۵- کمترین ارتفاع: برای حوضه یا تشتک بکار می‌رود.

۶- زون لولا: فضای محدوده اطراف خط لولا را گویند.

۷- یال یا پهلوی چین: در یک تعریف ساده کناره‌های هر چین را گویند، اما تعریف دقیق فاصله نقطه عطف تا زون لولا است.

۸- زاویه بین دو یال: اگر بر نقاط عطف دو صفحه مماس کنیم و زاویه بین این دو صفحه را اندازه بگیریم، زاویه بین دو صفحه مماس بر نقطه عطف برابر با زاویه بین دو یال خواهد بود.

۹- رد یا اثر: محل تلاقی دو صفحه ایجاد اثر می‌کند. در مورد چین منظور فصل مشترک سطح محوری چین با یک سطح افقی یا قائم است.

۱۰- نقطه عطف: نقطه‌ای از سطح چین که هیچ انحنایی در آن نقطه نداریم.

۱۱- محور چین یا خط محوری: خطی فرضی که با حرکت دادن آن خط در فضا بتوان شکل چین را ترسیم کرد.

۱۲- پلانچ یا میل چین: زاویه‌ای که سطح محوری یک چین با افق ایجاد می‌کند.

۱۳- طول موج چین: فاصله بین دو برآمدگی یا دو فرورفتگی را در داخل چین گویند.

۱۴- دامنه چین: نصف ارتفاع یک چین را دامنه چین گویند.

توجه: در سیستم‌های کششی چین‌خوردگی نداریم.

۱۵- سطح پوش: سطح مماس بر چین‌خوردگی را گویند.

۱۶- سطح میانی: سطح است که خطوط عطف متوالی را به هم وصل می‌کند.

نکته: سطح میانی از نظر چینه‌شناسی بهترین صفحه برای جدایی طاقدیس‌ها و ناودیس‌ها است.

در حالت کلی چین‌ها به دودسته تقسیم می‌شوند:

A) چین استوانه‌ای: محور چین موازی با خط لولا است (Pure)

B: چین مخروطی: محور چین در مرکز قرار دارد (Simple)

نکته: آنچه در طبیعت وجود دارد، چین‌های نزدیک به استوانه‌ای‌اند.

در حالت کلی از لحاظ تقارن چین‌ها به دودسته تقسیم می‌شوند:

۱) متقارن: در این حالت صفحه محوری عمود بر سطح میانی است.

۲) نامتقارن: در این حالت صفحه محوری عمود بر سطح میانی نیست.

نکته: زاویه Vergence یا عدم تقارن؛ میزان انحراف از حالت تقارن را گویند که جهت آن مخالف جهت شیب صفحه است.

نکته: در طاقدیس هسته قدیمی وجود دارد و در ناودیس هسته جدید وجود دارد.

انواع طبقه‌بندی چین‌ها

۱- بر اساس وضعیت سطح محوری

۲- بر اساس ضخامت طبقات

۳- بر اساس تغییرات در اعماق

۴- بر اساس زاویه یالی

۵- بر اساس حرکت محوری

۶- بر اساس سبک چین

۷- بر اساس جهت بسته شدن

۸- بر اساس تقسیم‌بندی رمزی

۹- بر اساس مختصات فضایی

۱) بر اساس وضعیت محوری:

چین متقارن یا قائم

چین نامتقارن یا مورب

چین برگشته

چین خوابیده

۲) بر اساس سطح تقارن:

داری دو سطح تقارن

دارای یک سطح تقارن

بدون سطح تقارن

۳) بر اساس چینه‌شناسی:

طاقدیس Anticline , ناودیس Syncline

۴) بر اساس تغییر ضخامت:

A) چین‌های موازی: شکل چین‌ها از بالا به پایین تغییر می‌کند، معمولاً در لایه‌های مقاوم دیده می‌شوند، فشار و دما حاکم است.

B) چین‌های مشابه: در چین‌های مشابه ضخامت حقیقی ثابت و یکسان نیست، اما ضخامت ظاهری یکسان است. عموماً در لایه‌های غیر مقاوم‌اند، با افزایش عمق شکل چین تغییر نمی‌کند.

۵) بر اساس زاویه بین یالی (i = زاویه بین یالی)

چین ملایم $\rightarrow$ $۱۲۰ \langle i \leq ۱۸۰$ اگر

چین باز $\rightarrow$ $۷۰ \langle i \leq ۱۲۰$ اگر

چین بسته $\rightarrow$ $۳۰ \langle i \leq ۷۰$ اگر

چین فشرده $\rightarrow$ $۰ \langle i \leq ۳۰$ اگر

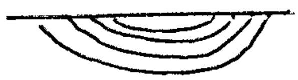
چین هم‌شیب $\rightarrow$ $i = ۰$ اگر

چین بادبزنی $\rightarrow$ $-۷۰ \leq i \langle ۰$ اگر

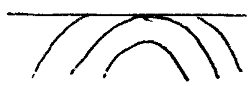
چین گسترده $\rightarrow$ $-۱۸۰ \leq i \langle -۷۰$ اگر

۶) بر اساس وضعیت قرارگیری نسبت به سطح زمین:

A) ناوش کل یا Synform



B) طاق شکل یا Antiform



۷) رده‌بندی چین‌ها در حالت سه‌بعدی:

A) چین استوانه‌ای

B) چین مخروطی

نکته:

۱) استرس به وجود آورنده آن‌ها متفاوت است.

۲) در چین‌های استوانه‌ای محور چین موازی محور استوانه است ولی در چین‌ها غیر استوانه‌ای یا مخروطی محور چین موازی محور مخروط نیست.

۸) تقسیم‌بندی رمزی یا ایزوگونی یا ایزوگونال یا خطوط هم‌شیب:

تعریف ایزوگون: در یک چین‌خوردگی اگر نقاط هم‌شیب را در سطوحی که چین خورده‌اند به هم وصل کنیم خطی که ایجاد می‌شود به آن ایزوگون گویند.

این تقسیم‌بندی به انحنای سطح چین‌خورده و تغییر ضخامت چین توجه دارد.

توجه: تصاویر مربوط به این تقسیم‌بندی در انتها آورده خواهد شد.

بر اساس تقسیم‌بندی رمزی چین‌ها به سه رده $class_3$,$class_2$, $class_1$ تقسیم می‌شوند.

۱) $class_1$ شامل:

A) $class_{1A}$: در این رده خطوط ایزوگون به‌شدت همگرا هستند و زاویه‌ای که خط مماس برچین در قوس بیرونی با ایزوگون می‌سازد یک زاویه حاده است. (در این کلاس ضخامت از لولا به سمت یال‌ها افزایش می‌یابد)

B) $class_{1B}$: در این کلاس از شدت همگرایی کاسته می‌شود، دو سطح چین‌خورده با هم موازی‌اند و خطوط ایزوگون بر سطح چین‌خورده عمودند. پس زاویه خط مماس با ایزوگون یک زاویه قائم است.

C) $class_{1c}$: ضخامت لایه در رأس چین حداکثر و به سمت اطراف چین از ضخامت لایه کاسته می‌شود و زاویه خط مماس با ایزوگون یک زاویه منفرجه است.

D) $class_2$: شامل چین‌هایی است که خطوط ایزوگون با هم موازی نیستند برخلاف قبلی‌ها که همگرا بودند. این کلاس معادل چین‌های مشابه هستند. توجه کنید که در اینجا دو سطح چین‌خوردگی، یکسان چین خورده‌اند.

E) $class_3$: در این رده خطوط ایزوگون به سمت هسته چین حالت واگرا دارد. در این چین‌ها انحنای سطح بیرونی از انحنای سطح درونی بیشتر است.

نکته: تغییر ضخامت در این نوع از همه شدیدتر است.

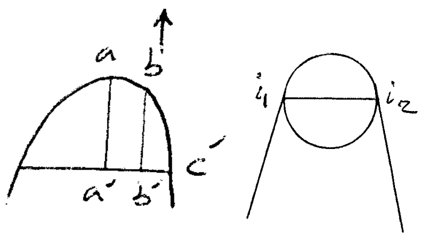
توجه: هر سه چین رده 1_C,1_B,1_A دارای مکانیسم تشکیل یکسان و قابل تبدیل به هم می‌باشند.

نکات:

در مورد تقسیم‌بندی زاویه بین یالی، رمزی می‌گوید:

(بر اساس پارامتر p_1 چین‌ها تقسیم می‌شوند) $p۱ = \frac{b'c'}{a'b'}$

$p۲ = \frac{\text{حداکثر انحنا (در زون لولا)}}{\text{انحناء برحسب } i_۱ i_۲}$



۹) تقسیم‌بندی بر اساس مختصات خط لولا و صفحه محوری یا پلانج محور چین:

در این طبقه‌بندی بر اساس شیب صفحه محوری و میل خط لولا انواع چین‌ها مشخص شده است:

(زاویه میل)

چین افقی → ۰-۱۰	چین خوابیده → ۰-۱۰
چین با زاویه میل ملایم → ۱۰-۳۰	چین کمی مایل → ۱۰-۳۰
چین با زاویه میل متوسط → ۳۰-۶۰	چین با تمایل متوسط → ۳۰-۶۰
چین با زاویه میل تند → ۶۰-۸۰	چین مایل با شیب تند → ۶۰-۸۰
چین قائم → ۸۰-۹۰	چین قائم → ۸۰-۹۰

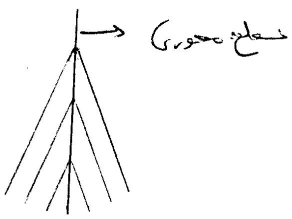
نکته:

بر اساس تقسیم‌بندی فلوتی، نام چین را بر اساس علائم p (پلانج) و D (شیب) و اعداد مربوط به آن‌ها نشان می‌دهند که همواره $p \langle D$ است.

۱۰) تقسیم‌بندی بر اساس سبک چین:

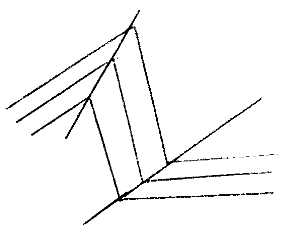
A) چین‌های جناغی یا chevron:

متقارن، چیزی به‌عنوان انحناء نداریم، سطوح محوری آن‌ها موازی هستند.



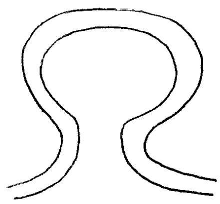
B) چین‌های کینک یا Kink:

نامتقارن، سطوح محوری در چین‌خوردگی‌های مکرر سطوحی موازی نیستند.



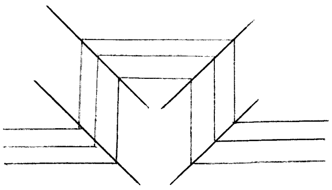
C) چین‌های بادبزنی یا fan:

یال‌ها حالت برگشته دارند که مشخصه اصلی آن‌ها به شمار می‌رود.



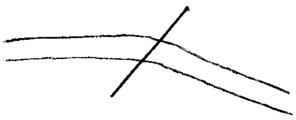
D) چین‌های جعبه‌ای یا BOX:

در آن‌ها ما دو سطح محوری با دو مختصات مختلف داریم. یال‌ها با زاویه تند به هم متصل می‌شوند.



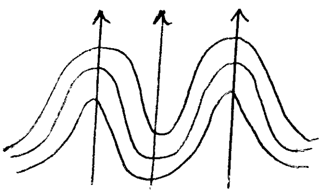
E) چین‌های تک‌شیب یا Monoclinal:

چین‌هایی که فقط یکی از یال‌های چین، دارای شیب و یک یال افقی است.



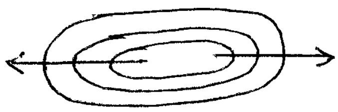
F) چین‌های یک‌سویه یا یک محوره یا plunging:

چین‌هایی هستند که محور چین به یک‌جهت میل یا سو دارد.



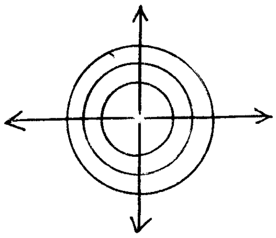
G) چین‌هایی دو محوره یا Dulby:

چین‌هایی که محور چین به دو سمت میل می‌کند.



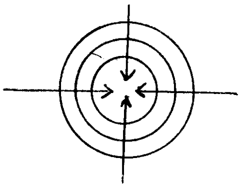
H) گنبد یا Dome:

چین‌ها به چهار سمت زاویه میل دارند که به سمت اطراف چین میل دارد.



I) تشتک یا Basin:

چین‌ها به چهار سمت زاویه میل دارند که به سمت داخل چین است.

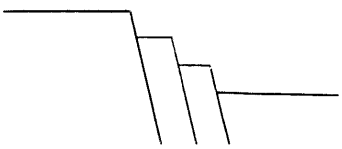


نکته: در تشکیل چین می‌بایست در نظر داشت که تنش به‌موازات سطح لایه‌بندی وارد شود چرا که اگر چنین نباشد جسم فقط deform می‌شود.

۱۱) تقسیم‌بندی چین‌ها در ارتباط با گسل‌ها:

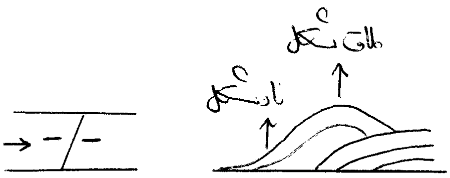
A: چین کشیده یا Drag:

فقط بر اثر حرکت گسل ایجاد می‌شوند.



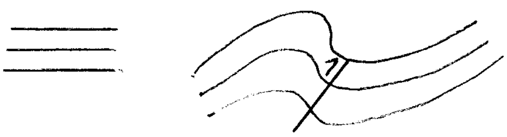
B: چین‌های خمشی یا لغزشی یا fault bend:

حتماً در گسل‌های تراستی به وجود می‌آیند. در این حالت قطعه بر جا بر روی قطعه نابرجا حرکت می‌کنند. این سیستم می‌تواند حالت طاق شکل تا ناوشکل ایجاد کند.



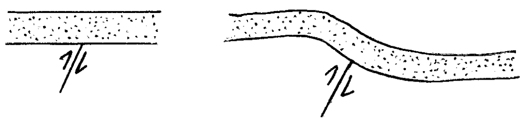
C) چین‌های حاصل از حرکت گسل یا fault propagation:

در گسل‌های تراستی و معکوس این نوع چین‌خوردگی را زیاد می‌بینیم.



D) چین‌های حاصل فعالیت مجدد گسل:

در مناطق فعال زلزله‌خیز آن‌ها را داریم.

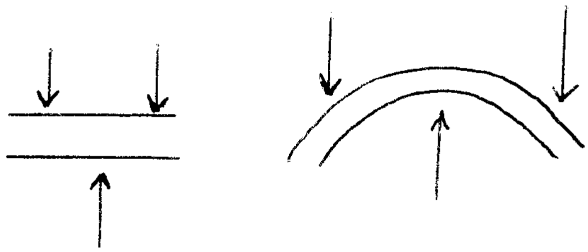


مکانیسم یا منشأ چین‌خوردگی

عوامل ایجاد چین‌خوردگی را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

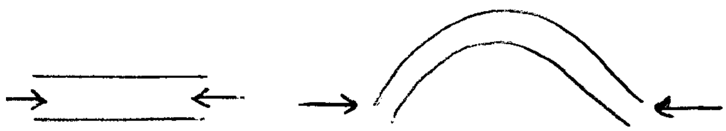
۱- خمیدن یا خمش یا Bending:

جهت اعمال استرس یا نیروهای قائم است.



۲- تابیدن یا کمانش یا Buckling:

جهت اعمال استرس با نیروهای افقی است.

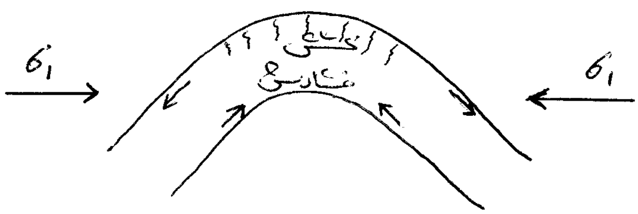


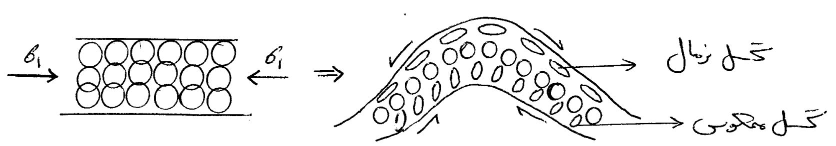
Bukling شامل:

۱- چین‌خوردگی خمشی، ۲- چین‌خوردگی خمشی - لغزشی، ۳- چین‌خوردگی برشی، ۴- چین‌خوردگی جریانی

۱- چین‌خوردگی خمشی:

حالتی که یک‌لایه به‌گونه‌ای چین می‌خورد که کمان بیرونی کشیده شده و کمان درونی فشرده می‌شود. این چین‌خوردگی در دماغه چین اتفاق می‌افتد، اما در یال‌های چین اتفاقی صورت نمی‌گیرد، در اثر این مکانیسم چین‌هایی موازی B ۱ به وجود می‌آید.



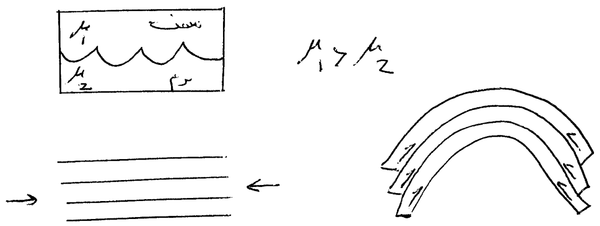


B) چین‌خوردگی خمشی - لغزشی:

۱- لایه‌بندی در سنگ‌ها در این نوع سیستم نقش مهمی دارد ۲- ضخامت لایه در تمام نقاط مختلف چین یکسان و برابر است ۳- در این سیستم در ناحیه لولا لغزش صفر است و از لولا به سمت یال‌ها لغزش افزایش می‌یابد، هر چه شیب خط مماس بر لایه بیشتر باشد میزان لغزش بیشتر است.

توجه: اگر کنتاکت لایه‌ها محکم باشد، خود لایه و کنتاکت به شکل آنتی فرم و سین فرم تشکیل می‌شود که بدین ترتیب ساختار مولیون ایجاد می‌شود.

مولیون‌ها موازی محور σ_2 یا y هستند. درحالت کلی مولیون‌ها عمود بر محور چین‌خوردگی‌های محلی است.

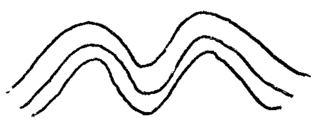


نکته: بطور کلی مولیون‌ها درجایی ایجاد می‌شوند که اختلاف ویسکوزیته وجود داشته باشد در این حالت تحدب به سمت لایه نرم است. $\mu_1 > \mu_2$

- اگر بین دولایه مقاوم هیچ چیزی نباشد، یک محیط خالی مانند زین اسب به وجود می‌آید.



- اگر بین دولایه مقاوم یک ماده لغزنده باشد، لایه‌های بالایی چین‌خورده و در قاعده، گسل معکوس ایجاد می‌شود.

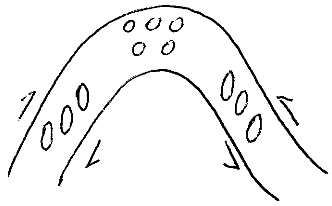


C) چین‌خوردگی خمشی - لغزشی یا Passive slip folding

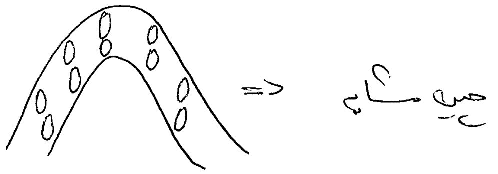
۱- در این مکانیسم لایه‌بندی مهمی ندارد، ۲- لغزش در امتداد سطوح شکستگی موجود در سنگ به وجود می‌آید، ۳) ضخامت لایه در این چین‌خوردگی یکسان نیست.

در این چین‌ها ضخامت در لولا بیشتر از یال‌ها است. برش حاصل از نوع برش ساده و دارای چین‌های مشابه است.

در این نوع در دماغه چین تغییری دیده نمی‌شود، اما در یال‌ها و پهلو تغییر وجود دارد، لذا در یال‌ها بیضی استرین اما در دماغه دایره وجود دارد.



D) مکانیسم چین‌های جریانی یا flow folding:
تحت تأثیر فشار همه‌جانبه و درجه حرارت زیاد، این مکانیسم در مناطقی به وجود می‌آید که یک‌لایه نرم و غیر مقاوم را در بین دولایه مقاوم و سخت داشته باشیم. چینی که بدین ترتیب به وجود می‌آید، معمولاً چین مشابه است که درشیب‌ها دیده می‌شود.



استیل چین‌ها

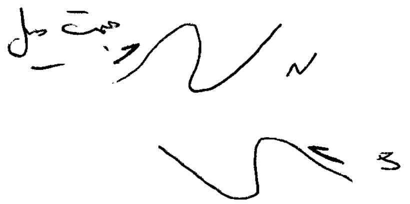
منظور استوانه‌ای بودن یا غیر استوانه‌ای بودن و تقارن چین است.

A) چین متقارن: صفحه‌ای محوری آن شیب ۹۰ داشته یا صفحه محوری قائم است.

B) چین نامتقارن: چینی که در آن صفحه محوری قائم نیست یا صفحه محوری عمود بر سطح پوش نباشد.

B_1 - چین z: شکل آن شبیه z است.

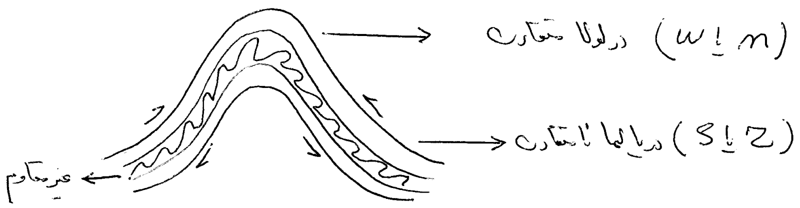
B_2 - چین s است.



نکته:

برای تعیین نام چین در جهت میل چین به‌ویژه به پروفایل نگاه می‌کنیم.

توجه: هنگامی‌که در بین دولایه یک‌لایه غیر مقاوم وجود داشته باشد، در اثر تنش، در طی چین‌خوردگی، در لایه غیر مقاوم یکسری ریز چین ایجاد می‌شود.



الگوی Z,S :

در شکل از چپ به راست S به Z تبدیل شود ناودیس تولید می‌شود.

در شکل از چپ به راست Z به S تبدیل شود طاقدیس تولید می‌شود.

اگر جهت شیب لایه خلاف جهت برش باشد، لایه‌های عادی است.

اگر جهت شیب لایه در جهت برش بود، لایه برگشته است.

اگر کج شدگی سطح محوری در جهت شیب لایه باشد، لایه برگشته است.
اگر کج شدگی سطح محوری خلاف جهت شیب لایه باشد لایه عادی است.

نکته:

چین‌های روده‌ای جزء چین‌های گروه 1_B یا موازی می‌باشند.
جهت شیب در ناودیس و حوضه به سمت داخل است.
جهت شیب در طاقدیس و گنبد به سمت خارج است.

نکته:

اگر یک‌لایه شیب‌دار به‌طور ناگهانی افقی شود و مجدداً به حالت شیب‌دار برگردد به آن تراس ساختاری گویند.

نکته:

چنانچه سطح، شیب ملایمی داشته باشد بعد شیب تغییر کند و مجدداً به حالت اول برگردد، به آن چین شکنجی یا Kink گویند.

توجه:

در کینک باند: σ۱ نیمساز زاویه منفرجه؛ σ۳ نیمساز زاویه حاده است
در گسل σ۱ نیمساز زاویه حاده ۶۰، σ۳ نیمساز زاویه منفرجه ۲۰ است

نگاهی به نکات چین‌ها

کینک باند = چین دوقلو = متقارن (در محل تلاقی چین جناحی به‌صورت مزدوج)

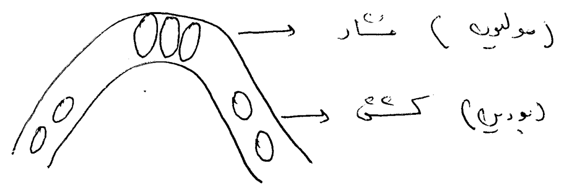
- چین جناغی مرحله تکامل یافته کینک باند است.
- چین‌های تکتونیکی بر اثر تنش، اما چین‌های غیرتکتونیکی بر اثر عوامل دیگر مثل ثقل به وجود می‌آید.

نقاط از چین که دارای حداکثر انحناءند: لولایی چین
فاقد انحناء هستند: نقطه عطف
ضخامت از لولا به یال، افزایش 1_A؛ کاهش 1_C,2 (1_B ثابت است)

- نیمساز زاویه حاده نشانه جهت پلانج چین است.
- محور چین‌ها موازی محور λ۱ است، امتداد طول بودیناژ هم به‌موازات λ۱ است.
- طول موج دو برابر دامنه یک چین است.
- در چین تک‌شیب فقط یک یال داریم.
- چین‌های کشیده و بودیناژ پلکانی نشانه برش راست‌بر است.
- چین موازی به اعماق نمی‌رود 1_A در چین‌های ضخامت طبقات ثابت است.
- چین مشابه به اعماق می‌رود چین‌های 2 در سنگ‌های سست ضخامت متغیر است.
- در چین‌های رده 1_A یال‌ها تپل، رده1_B یکسان (رأس و یال‌ها)، رده 1_C رأس تپل.
- سطح مدیال سطحی است که تمام نقاط عطف (فاقد انحناء) چین‌ها را در برمی‌گیرد.
- زاویه Vergrnce، زاویه‌ای است که سطح محوری با سطح افق می‌سازد.

- حداکثر تکامل چین‌خوردگی در رده ۲ است.
- در چین‌های خمشی - لغزشی بیشترین تغییر شکل برشی در یال‌ها است.
- در چین‌خوردگی خمشی در امتداد عمود بر محور چین، کاهش یا افزایش طول وجود ندارد.
- در چین موازی با افزایش عمق ناودیس‌ها پهن‌تر و طاقدیس‌ها تیزتر می‌شوند.
- در چین، شیب حقیقی عمود بر امتداد و شیب ظاهری عمود بر امتداد نیست.

چین برگشته (زاویه سطح محوری): ۴۵⟩⇐ چین کج شده؛ ۴۵⟨ ⇐ چین معکوس



- بودین یا بودیناژ: وجود یک‌لایه سخت بین دولایه نرم
- چین فرعی یا Minor: وجود یک‌لایه نرم بین دولایه سخت

ریز چین‌ها

متقارن: W,M؛ نامتقارن: Z,S

نامتقارن S (چپگرد)، Z (راستگرد) (روی یال راست ناودیس و یال چپ طاقدیس).

در چین خوابیده سطح محوری آن به‌موازات افق دارای چین‌های فرعی بنام چین انگشتی.

تعریف دقیق یال: فاصله نقطه عطف تا زون لولا

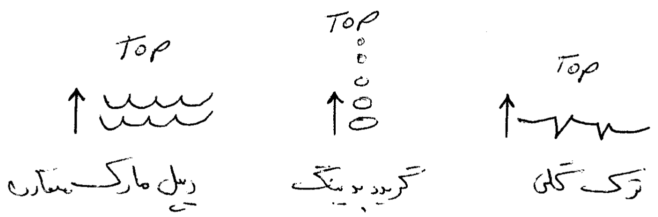
سطح میانی (اتصال خطوط عطف به هم) بهترین مکان برای تفکیک طاقدیس و ناودیس است.

زاویه V یا Vergence: میزان انحراف از حالت تقارن (جهت V مخالف شیب صفحه محوری).

تشخیص نوع چین با اشکال:

لایه عادی در بالا TOP، در پایین Base.

لایه برگشته در بالا Base، در پایین TOP.



❖ تقسیم‌بندی بر اساس ضخامت:

A) چین مشابه: ضخامت متفاوت، در اعماق ادامه دارد، در لایه‌های غیر مقاوم Class_2.

B) چین موازی: ضخامت یکسان، در اعماق ادامه ندارد، در لایه‌های مقاوم Class_{1B}.

چین مشابه (ضخامت): ضخامت ظاهری یکسان است؛ ضخامت حقیقی یکسان نیست.

نگاهی کلی به تقسیم‌بندی چین‌ها توسط رمزی:

$Class_1$: خطوط ایزوگون همگرا

1A ← یال‌ها تپل

1B ← رأس و یال‌ها هم‌اندازه ← چین موازی

1C ← رأس تپل

$Class_2$: ← خطوط ایزوگون موازی ← چین مشابه ← چین متکامل

$Class_3$: خطوط ایزوگون واگرا

- در بررسی چین، هر چه طول موج بیشتر باشد، تنش تراکمی مؤثرتر است.

مولیون (فشارش) از نظر دینامیکی $\sigma ٢$، از نظر سینماتیکی y

در حالت کلی مولیون عمود بر محور چین‌خوردگی اصلی و موازی محور چین‌خوردگی محلی است.

در تقسیم‌بندی رمزی در کلاس $3,2,1_C$، رأس پهن‌تر است.

در ریز چین‌ها (Z,S) اگر قله به سمت بیرون باشد لایه عادی است قله به سمت داخل لایه برگشته است.

چین مشابه و گسل طی مکانیسم حرکتی ایجاد می‌شوند ← ضخامت بیشتر در لولا ← برش ساده

- در چین خوابیده هم سطوح محوری و هم‌محور چین افقی است.
- چین‌های واقعی در اثر خمش ایجاد می‌شوند.
- (در چین‌های خمشی: بالا گسل نرمال و در پایین گسل معکوس داریم)

رمزی :

1_A ← زاویه حاده، 1_B ← زاویه قائمه، 1_C ← زاویه منفرجه

همه رده‌ها درنهایت به رده متکامل ۲ ختم می‌شوند، یعنی: $۱A \rightarrow ۱B \rightarrow ۱C \rightarrow ۲,۳ \rightarrow ۲$

مکانیسم تشکیل:

چین موازی ← به طریقه flexure slip, Buckling تشکیل می‌شوند.

چین مشابه ← به طریقه shear flow تشکیل می‌شوند.

محور چین‌های کشیده (Drag) محور چین اصلی است (چین در دماغه طاقدیس و ناودیس کشیده نیست).

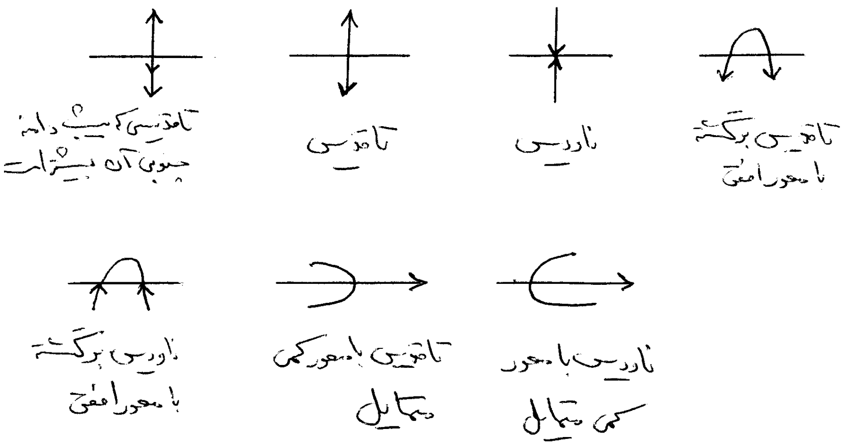
- تعیین نرمال و معکوس بودن لایه در لایه‌های فرسوده:

سطح پایینی از نظر توپوگرافی در نظر گرفته می‌شود، روی سطح بالایی جهت dip و جهت جابجایی را در نظر می‌گیریم پس اگر جهت شیب لایه خلاف جهت برش بود لایه عادی است اما اگر جهت dip و جهت برش هم‌جهت بودند، لایه برگشته است و سطح بالایی از نظر توپوگرافی قاعده لایه است.

چین پتیگماتیک: مثل کرم پیچیده‌اند ← class1B ← چین موازی (گنیس‌ها).

- اولین آثار چین‌خوردگی زمانی که کوتاه‌شدگی به ۲۰٪ برسد، مشاهده می‌شود.

ناودیس یا طاقدیس شکنجی: خود چین‌ها از چین‌های ریزتر تشکیل شده است.



ساختمان ثانویه:

A) شکل‌پذیر: ساختمان به وجود آمده، چین است.

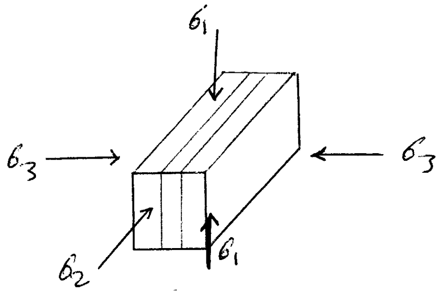
B) شکننده:

۱- در جوینت حرکت نداریم و یا خیلی اندک است.

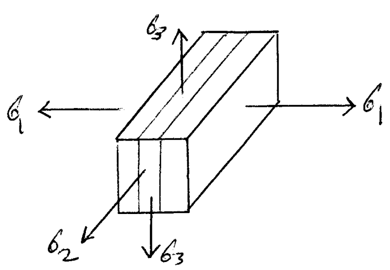
۲- گسل: سنگ در امتداد شکستگی نسبت به هم حرکت دارند.

نیروهای ایجادکننده جوینت‌ها:

A) اگر نیروی فشارشی داشتیم، شکستگی‌های به وجود آمده به‌موازات $\sigma ۱$ عمود بر $\sigma ۳$ است.



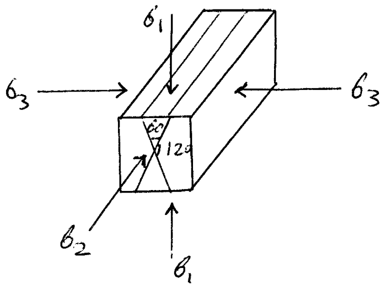
B) اگر نیروی کششی داشته باشیم، شکستگی‌های به وجود آمده بموازات $\sigma ۳$ و عمود بر $\sigma ۱$ است و جای $\sigma ۱$ و $\sigma ۳$ عوض می‌شود.



C) استرس برشی، سبب جوینت‌های مزدوج می‌شود.

$\sigma ۱$ نیمساز زاویه حاده (۶۰)

σ۳نیمساز زاویه منفرجه (۱۲۰)



تقسیم‌بندی جوینت‌ها

A) جوینت امتدادی: امتداد آن با امتداد لایه منطبق ولی شیب آن‌ها برابر نیست.

B) جوینت شیبی: شیب آن با شیب لایه برابر است ولی امتداد آن با امتداد لایه برابر نیست.

C) جوینت طبقه‌ای: امتداد شیب آن‌ها با امتداد لایه یا صفحه منطبق است.

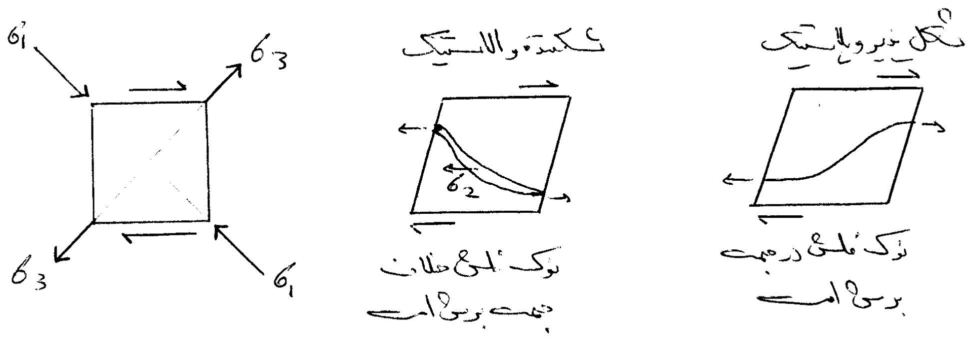
B) جوینت مورب: نه امتداد و نه شیب آن با امتداد لایه برابر نیست.

۲) تقسیم‌بندی بر اساس نیروهای ایجادکننده:

A) جوینت‌های کششی: تحت‌فشارش یا کشش ایجاد می‌شود، بازشدگی ایجادشده در مجموعه سنگی بموازات سطحی است که استرس اعمال می‌شود.

B) جوینت‌های رهایی: سیستم تشکیل آن بر اساس برداشتن نیرو در یک‌لحظه خاص است این جوینت‌ها عمود بر درزه‌های کششی σ۱ هستند.

توجه: با توجه به نوع محیط (شکننده و الاستیک یا شکل‌پذیر و پلاستیک) اشکال زیر به دست می‌آید.



نکته: در محیط پلاستیک بازشدگی دیده نمی‌شود و در محیط الاستیک بازشدگی دیده می‌شود.

۳) تقسیم‌بندی بر اساس قرار گرفتن نسبت به محور چین‌ها:

A) جوینت طولی: بموازات محور چین ایجاد می‌شوند.

B) جوینت عرضی: عمود بر محور چین ایجاد می‌شوند.

C) جوینت مزدوج: حالت ضربدری با هم دارند.

درزه‌های سیستماتیک: درزه‌هایی را گویند که تقریباً به‌صورت (صفحات) مستقیم وجود دارند.

درزه‌های غیر سیستماتیک: به‌صورت صفحه‌ای و منظم نیستند و معمولاً منشأ غیر تکتونیکی دارند و در بین درزه‌های منظم قرار دارند.

ناحیه درزه: درزه‌های موجود در یک منطقه که حالت هم‌پوشانی نسبت به هم دارند.
درزه عرضی: درزه‌های سیستماتیک که درزه هم‌پوشانی مقابل را به هم وصل می‌کند.
توجه: معمولاً درزه‌های عرضی بعد از درزه‌های ناپیوسته تشکیل می‌شوند، پس جوان‌ترند.

انواع درزه‌ها

۱) درزه‌های صفحه‌ای:

در اثر برداشته شدن رسوبات از روی طبقات تحتانی، فشار کاهش‌یافته و طبقات زیرین دچار شکستگی ریزی می‌شوند. این شکستگی‌ها موازی سطح زمین ایجاد می‌شوند و هر چه به عمق برویم فاصله‌شان از هم بیشتر می‌شود.

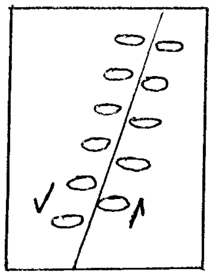
۲) درزه‌های ستونی:

این‌ها حاصل کشش هستند که در سنگ‌های آذرین خروجی به‌صورت مقطع ۵ ضلعی دیده می‌شوند.

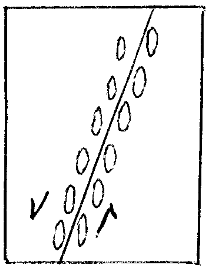
۳) درزه‌های پر مانند:

چنانچه در منطقه‌ای گسل وجود داشته باشد معمولاً در اطراف گسل یک سری شکستگی‌های ریزی ایجاد می‌شود که با گسل اصلی منطقه، زاویه حاده می‌سازد.

توجه: با دقت بر روی این درزه‌ها می‌توان جهت حرکت گسل و نوع گسل را نشان داد.



گسل معکوس



گسل نرمال

نکته: در شکل درزه، ابتدا و انتهای آن مهم است.

فاصله بین درزه‌ها:

۱- جنس سنگ: بسته به نوع لیتولوژی و مکانیک سنگ است.

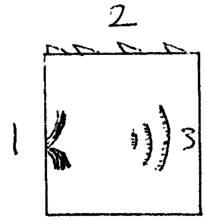
۲- ضخامت طبقات: هر چه ضخامت لایه بیشتر باشد، فاصله بین درزه‌ها بیشتر می‌شود.

شکل‌های سطح گسل یا جوینت:

۱- اشکال پر مانند یا شاخه مانند یا plomus

۲- اشکال پلکانی

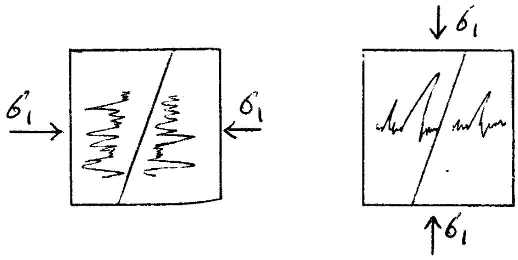
۳- اشکال پلکانی مخروطی



نکته: آثار پر مانند متعلق به درزه کششی است.

زاویه درزه اگر ۶۰〉 باشد ← درزه برشی

زاویه درزه اگر ۶۰〈 باشد ← درزه کششی



گسل معکوس　　　　　　گسل نرمال

استیلولیت: نوعی درزه فشارشی که در اثر انحلال به وجود می‌آید. رأس دندانه‌ها جهت فشارش $\sigma 1$ را نمایش می‌دهند.

درزه‌های رهایی عمود بر $\sigma 3$ و کششی عمود بر $\sigma 1$ به وجود می‌آیند.

نکات:

درزه ($\frac{abc}{hkl}$) طولی ۱۱۰، عرضی ۱۰۱، برشی ۰۱۱ موازی هر محوری که بود به‌جای آن صفر می‌گذاریم.

- درزه‌های عرضی جوان‌تر هستند.

درزه‌های کششی ← پر مانند ← گسل نرمال ← $\sigma 1$

- قطب درزه عرضی منطبق بر محور چین‌ها و قطب درزه طولی عمود بر محور چین‌ها است.

سیستم درز متعامد: سه دسته درزه که هم را با زاویه قائم قطع کنند و ایجاد بلوک‌های مکعبی کنند.

قطب درزه‌های عرضی، طولی بر هم عمودند، پل درزه عرضی روی قطب و pole درزه طولی روی استوا خواهد بود.

نکته: فاصله pole با beding هر چه بیشتر باشد ← سن درزه بیشتر است.

اگر A یا B بر o منطبق باشد، همزمان با چین‌خوردگی است.

A ________o

B _______________o

ورقه ورقه شدن یک پدیده کششی است که درنتیجه کاهش فشار در طی فرسایش ایجاد می‌شود.

درزه‌های رهایی ناشی از چین‌خوردگی موازی سطح محوری چین است.

سیستم درز متعامد یا مکعبی: سه دسته درز که یکدیگر را با زاویه قائم قطع می‌کنند.

توجه:

درز ← شکستگی مستوی و موازی

ترک ← شکستگی ناکامل نامنظم

شکاف ← شکستگی با بازشدگی قابل ملاحظه

تقسیم درزه‌ها (هاجسون):

۱- درزه‌های منظم: همدیگر را قطع می‌کنند.

۲- درزه‌های نامنظم: همدیگر را قطع نمی‌کنند.

- ساختمان لاک‌پشتی: درزه‌هایی به‌صورت شعاعی و دایره‌وار

توجه:

اگر درزه قبل از چین‌خوردگی تشکیل شده باشد ← قطب لایه منطبق بر قطب درزه

اگر درزه بعد و همزمان با چین‌خوردگی تشکیل شده باشد ← منطبق نیستند.

نیروهای ایجادکننده جوینت‌ها:

۱ اگر نیروی فشارشی داشتیم به‌موازات σ_1 است.

۲) اگر نیروی کششی داشتیم به موازات σ_3 است.

۳) اگر استرس برشی بود σ_1 زاویه حاده (۶۰) و σ_3 زاویه منفرجه (۱۲۰).

$\sigma_1 - \sigma_3$ ← صفحه حرکتی

$\sigma_2 - \sigma_3$ ← صفحه شیستوزیته

$\sigma_1 - \sigma_2$ ← صفحه تزریق

$$\begin{matrix} x & y & z \\ \sigma_1 & \sigma_2 & \sigma_3 \end{matrix}$$

در دایک صفحه σ_3 افقی و صفحه تزریق قائم است.

در سیل صفحه σ_3 قائم و صفحه تزریق افقی است.

$\sigma_1 - \sigma_2$ ← صفحه‌ای که بموازات آن سیل و دایک تزریق می‌شود

جهت خطوارگی منطبق بر σ_3 است.

درزه‌های پرمانند عمود بر σ_3 تشکیل می‌شود.

- نیروی کوپل (تشکیل درزه) اولین شکاف به موازات قطر کوچک متوازی‌الاضلاع، آخرین شکاف‌ها به موازات قطر بزرگ متوازی‌الاضلاع.

امتداد طول بودیناژ در راستای λ_1 است.

محور چین‌ها موازی محور λ_1 است.

❖ گسل‌ها fault

شکستگی‌هایی هستند که دو بلوک اطراف شکستگی دارای جابه‌جایی در امتدادشان هستند. مقدار این جابه‌جایی از چند سانتیمتر تا چند کیلومتر متغیر است.

واژه‌شناسی گسل‌ها:

A) امتداد گسل: موقعیت یک خط افقی روی سطح گسل نسبت به شمال را امتداد گسل گویند.

B) شیب گسل: زاویه‌ای که سطح گسل با سطح افق می‌سازد.

C) زاویه هید یا Hade: متمم شیب گسل تا ۹۰ را گویند.

D) سطح گسل: سطحی که جداکننده دو بلوک اطراف گسل است.

E) فرادیواره یا hanging wall: سطح بالای گسل یا سطح بلوکی که در بالای صفحه گسل وجود دارد.

F) فرودیواره foot wall : به بلوکی که در زیر سطح گسل قرار گرفته، گفته می‌شود.

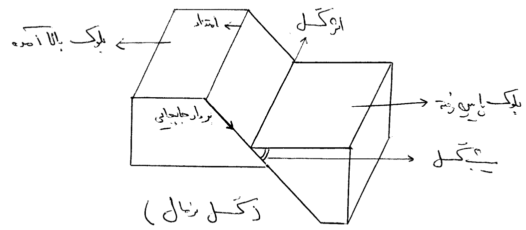
G) اثر گسل یا fault trace: محل برخورد سطح گسل با سطح زمین خطواره‌ای را ایجاد می‌کند که به آن اثر گسل گویند.

H) بردار جابه‌جایی: خطی که نمایش‌دهنده جهت و مقدار حرکت روی سطح گسل است.

I) صفحه گسل یا fault plane: سطح یا صفحه‌ای در طول شکستگی که حرکت بلوک‌ها در این سطح به وجود می‌آید.

J) آینه گسل: روی سطح بعضی از گسل‌ها حالت صاف و صیقلی به نام آینه گسل دیده می‌شود.

K) پرتگاه گسلی: اختلاف ارتفاع ناشی از گسل خوردگی را گویند.



L) زون برشی: اگر جابه‌جایی در امتداد یک ناحیه یا پهنا صورت گیرد، به آن زون برشی گویند.

M) ناحیه گسلی: محدوده گسل خورده در یک منطقه را گویند.

حرکاتی که بر روی گسل می‌توانیم ببینم و اندازه‌گیری کنیم:

۱) لغزشی یا slip ۲) جدایش یا separation

۱) لغزش: جابه‌جایی در سطح گسل که قبلاً در یک نقطه بوده‌اند.

۲) جدایش: جابه‌جایی طبقات یا لایه‌های سنگی دو طرف سطح گسل نسبت به هم.

نکته:

لغزشی حتماً روی سطح گسل است، اما جدایش روی هر سطحی می‌تواند باشد.

لغزشی ← جابه‌جایی نسبی

جدایش ← جابه‌جایی ظاهری

لغزش:

۱- امتدادی یا افقی (stricke): جهت حرکت یا جابجایی در امتداد گسل

۲- شیبی یا قائم (Dip): جهت حرکت در جهت شیب گسل

توجه:

در طبیعت تلفیق ۱ و ۲ را داریم که به آن لغزش کل یا net ship گویند.

جدایش:

۱- امتدادی: میزان جدایش در جهت امتداد گسل

۲- شیبی: میزان جدایش در جهت شیب گسل

نکته:

۱- لغزش، کاری به لایه‌های سنگی داخل دو دیواره یا بلوک‌ها ندارد.

۲- جدایش را فقط برای حرکت لایه‌ها استفاده می‌کنیم.

دو مؤلفه جدایش شیبی:

افت قائم (مؤلفه قائم) Throw

افت افقی (مؤلفه افقی) heave

- نشانه‌ها و معیارهای تشخیص گسل:

برای شناسایی گسل‌ها، فاکتورهای متعددی به ما کمک می‌کنند:

۱- خطواره‌ها

۲- شواهد زمین‌شناسی

۳- معیارهای چینه‌شناسی

۴- معیارهای مورفولوژیکی

۵- نشانه‌های ایجاد شده در سطح گسل

۶- معیارهای ساختمانی

۷- آب‌های زیرزمینی

۸- تشکیل سنگ‌های خاصی در منطقه گسل خورده

شواهد زمین‌شناسی

۱- جابه‌جایی لایه‌ها ۲- تکرار لایه‌ها ۳- خش گسلش ۴- گم‌شدن لایه ۵- کج شدن ناگهانی لایه ۶- در یک امتداد قرار گرفتن چشمه‌ها، مخروط‌های آتش‌فشانی ۷- تغییر در سیستم درزه‌ها

معیارهای مورفولوژیکی:

۱- وجود یک برجستگی یا پرتگاه نشانه گسل است که به آن پرتگاه گسلی گویند که در پایین آن یکسری مخروط افکنه داریم ۲- شکستگی در سنگ‌ها نشانه گسل است ۳- جابه‌جایی آبراهه‌ها که مشخص‌کننده خط گسل است ۴- پرتگاه‌های گسلی به‌ویژه به‌صورت پلکانی مشکوک به گسل است ۵- تغییر شیب بستر رودخانه ۶- افتادگی ناگهانی شیب زمین.

تشکیل سنگ‌های خاص در منطقه گسل خورده:

۱- سنگ‌های کاتاکلاستیک ۲- سنگ‌های میلونیتی.

توجه:

مقدار ماتریکس در برش ٪ ۳۰⟩ است.

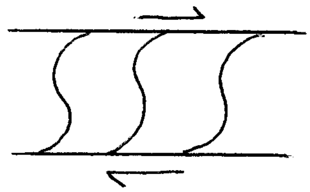
مقدار ماتریکس در کاتاکلازیت ٪ ۳۰⟨ است.

سنگ‌های کاتاکلاستیک: در عمق کم و فشار و حرارت کم تشکیل می‌شوند این سنگ‌ها از خورده شدن سنگ‌های قبلی و قرار گرفتن در یک ماتریکس تشکیل می‌شوند که شامل موارد زیر هستند:

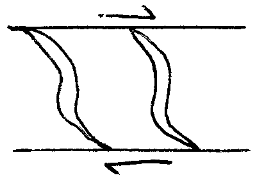
۱- برش، ۲- آرد سنگ، ۳- کاتاکلازیت، ۴- پسدوتاکی‌لیت

- شاخص دینامیکی:

۱- در این حالت شرایط شکننده و شکل‌پذیر بررسی می‌شود.

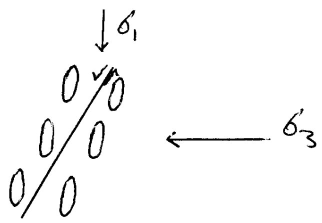


شکل‌پذیر (جهت حرکت موافق ظاهر)

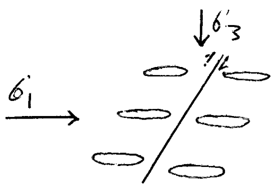


شکننده (جهت حرکت خلاف ظاهر)

۲- در حالت دوم وضعیت شکستگی‌ها بررسی می‌شود (درزه‌ها عمود بر σ۳)



نرمال



معکوس

توجه: بر اثر کشش در دیواره‌های اطراف گسل به وجود می‌آیند و بیشتر در فرادیواره قرار دارند.

تقسیم‌بندی گسل‌ها:

۱- طبقه‌بندی بر اساس زاویه شیب واقعی گسل:

الف) اگر δ⟨۴۵ ← گسل بزرگ زاویه یا پرشیب

ب) اگر δ⟩۴۵ ← گسل کوچک زاویه یا کم شیب

۲- طبقه‌بندی بر اساس مقدار مطلق لغزش (rake):

الف) اگر $R =$ ۰ ← گسل امتدادلغز (راستا لغز)

ب) اگر $R =$ ۹۰ ← گسل شیب‌لغز

ج) اگر ۰⟨R⟨۹۰ ← گسل مورب لغز

۳- تقسیم‌بندی بر اساس وضعیت بردار جابه‌جایی:

الف) گسل‌های امتدادلغز: لغزش یا بردار جابجایی بموازات امتداد گسل است.

ب) گسل‌های شیب لغز: بردار جابجایی (لغزش) در جهت شیب گسل است.

ج) گسل‌های مورب لغز: در امتداد و شیب گسل جابجایی یا لغزش داریم.

۴- طبقه‌بندی با توجه به ساختارهای اصلی (معمولاً محور چین یا اثر گسل محوری):

الف) گسل‌های طولی (Longitudinal): امتداد آن موازی امتداد محور چین یا اثر سطح محوری است.

ب) گسل‌های عرضی (Trasver): امتداد آن عمود بر محور چین یا عرض ساختمان زمین‌شناسی را قطع می‌کنند

نکته:

به‌طورکلی گسل‌های موازی در اثر برش محض، گسل‌های پلکانی در اثر برش ساده و گسل‌های محیطی و شعاعی در سیستم گنبدی یا در نواحی آتش‌فشانی ایجاد می‌شوند.

۵- طبقه‌بندی بر اساس حرکت نسبی:

الف) گسل نورمال یا. Normal f:

گسلی است که فرادیواره نسبت به فرودیواره به سمت پایین حرکت می‌کند.

ب) گسل معکوس. Reverse f:

گسلی است که فرادیواره نسبت به فرودیواره به سمت بالا حرکت می‌کند.

ج) گسل امتدادلغز یا .Strick slipe f:

گسلی است که فرادیواره نسبت به فرودیواره فقط در جهت امتداد گسل حرکت دارند.

از نظر زاویه شیب:

- شیب لغز: گسل نرمال و گسل معکوس
- امتدادلغز: گسل امتدادلغز

۶- طبقه‌بندی زایشی:

الف) اگر $\sigma۱$ قائم و $\sigma۳$ افقی ← گسل نرمال

ب) اگر $\sigma۳$ قائم و $\sigma۱$ افقی ← گسل معکوس

ج) اگر $\sigma۲$ قائم باشد گسل ← امتدادلغز

نکته ۱: گسل معکوس را تراکمی یا فشارشی گویند و گسل نرمال را کششی گویند.

نکته ۲: گسل امتدادلغز به کشش و یا تراکم بستگی ندارد، فقط به $\sigma۲$ بستگی دارد، پس هم کششی است و هم‌فشارشی، درمجموع برش حاصل می‌شود.

نکته ۳: بطور کلی $\sigma۳,\sigma۲,\sigma۱$ هر سه تنش تراکمی اصلی هستند، اما نسبت به هم کشش و یا فشارش ایجاد می‌کنند.

نکات:

گسل موازی ← برش محض (غیرچرخشی)

گسل پلکانی ← برش ساده (چرخشی)

گسل محیطی و شعاعی ← سیستم گنبدی

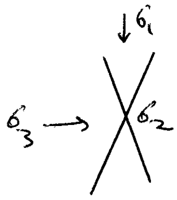
OTF: اگر به‌طور مطلق فرادیواره جابجا شود.

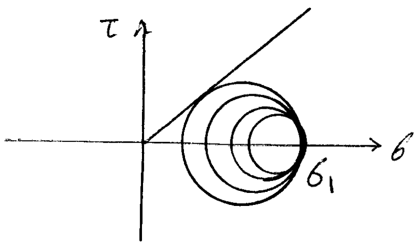
UTF: اگر مطلق فرودیواره جابجا شود.

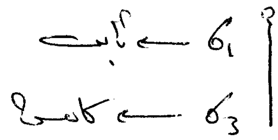
نگاهی به گسل‌های امتدادلغز

در هر رژیم تکتونیکی که σ_2 تقریباً قائم باشد به وجود می‌آید. این گسل عمق موهو، ضخامت پوسته و وسعت پوسته را تغییری نمی‌دهد.

نگاهی به ویژگی‌های گسل نرمال







بزرگی پایین و دوره برگشت پایین دارند.

در رژیم تکتونیکی کششی به وجود می‌آیند.

عمق موهو را کاهش می‌دهد.

ضخامت پوسته را کاهش می‌دهد.

باعث حذف لایه‌ها می‌شود.

به آن گسل کششی و وزنی یا سه‌گوش هم می‌گویند.

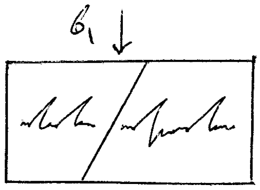
حذف‌شدگی و یا گم‌شدگی لایه‌ها مربوط به گسل نرمال است.

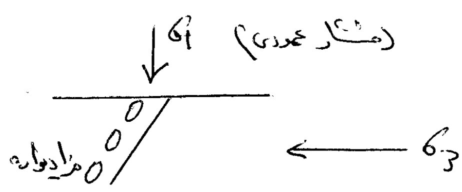
خم‌شدگی در یک بلوک آن دیده می‌شود.

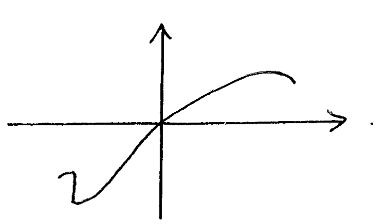
شیب آن حدود ۶۰ است.

هورست و گرابن به‌وسیله آن‌ها ایجاد می‌شود.

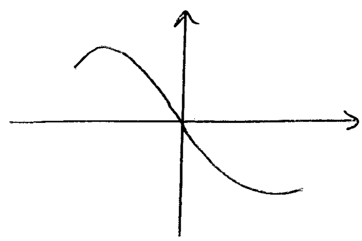
بزرگ زاویه ۴۵⟨⇐ σ_1 عمود است.





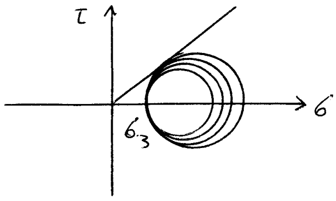


گسل نرمال



گسل معکوس

نگاهی به ویژگی‌های گسل معکوس



σ_1 ←افزایش

σ_3 ← ثابت

بزرگی پایین و دوره برگشت بالا دارند.

در رژیم تکتونیکی فشارشی به وجود می‌آیند.

عمق موهو را افزایش می‌دهد.

وسعت پوسته را کاهش می‌دهد.

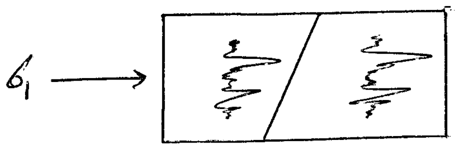
باعث تکرار لایه‌ها می‌شود.

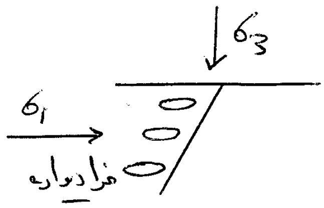
تکرار لایه‌ها مربوط به گسل معکوس است.

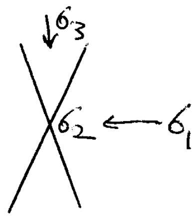
خم‌شدگی در یک بلوک آن دیده می‌شود.

چین‌های کشیده بدون زاویه میل (پلانژ) هستند.

کوچک زاویه ۴۵⟩ ⇐ σ_3 عمود است







- وجود قطعات آذرین و دگرگون همراه با نمک فقط در اثر گسل معکوس است (زاگرس)

گسل معکوس:

راندگی (سوار شدگی): شیب آن ۴۵⟩,۱۰⟨⇐ گسل زیر رانده

روراندگی: شیب آن ۱۰⟩

راندگی فرسایشی: بالای گسل در سطح زمین ظاهر و بر روی سطح

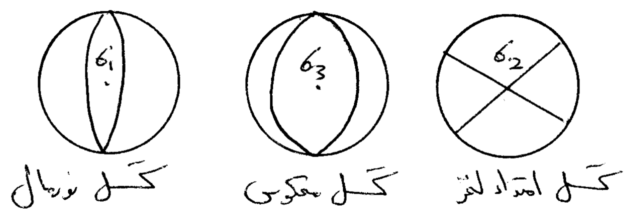
ناپیوستگی: شیب مرز یکسان با لایه جدید ← شیب طبقات جوانتر به‌سوی مرز نباشد.

گسل: شیب مرز متفاوت با لایه جدید ← شیب طبقات جوانتر به‌سوی مرز

گسل: لایه‌های جدید زیر لایه‌های قدیمی

دگرشیبی: لایه‌های قدیمی زیر لایه‌های جدید

توجه:

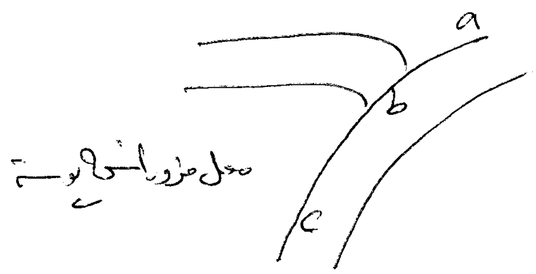


توجه:

a: گسل نرمال

b: گسل معکوس

c: اکثراً گسل معکوس



- اگر شیب طبقات نسبت به شیب گسل بیشتر باشد احتمال حذف لایه وجود دارد و گسل نرمال است.
- اگر شیب طبقات نسبت به شیب گسل کمتر باشد احتمال تکرار لایه وجود دارد و گسل معکوس است.

توجه:

- در گسل $\sigma1$ (نیمساز زاویه حاده) در چین‌خوردگی کینگ $\sigma1$ (نیمساز زاویه منفرجه) است.

توجه:

گسل عادی یا نرمال اگر $\sigma1$ قائم باشد شیب گسل ۶۰

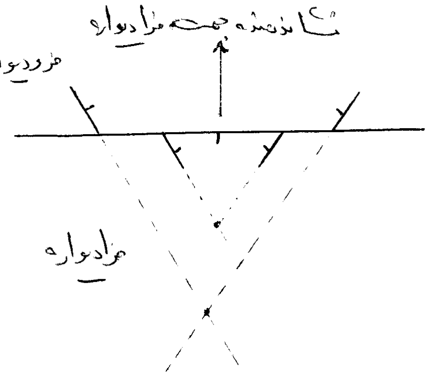
گسل امتدادلغز اگر $\sigma2$قائم باشد لغزش افقی

گسل راندگی اگر $\sigma3$ قائم باشد شیب گسل ۳۰

توجه:

اگر محل برخورد فرادیواره بالاتر باشد گسل معکوس است.

اگر محل برخورد فرودیواره بالاتر باشد گسل نرمال است.



لغزش: میزان جابجایی دونقطه در سطح گسل

جدایش: میزان جابجایی طبقات یا لایه‌های سنگی دو طرف سطح گسل

گسل در عمق کم، شکننده عمل می‌کند ⇐ برش گسلی یا تکتونیکی

و در عمق زیاد کمتر شکننده است ⇐ کنگلومرای گسلی

انواع گسل:

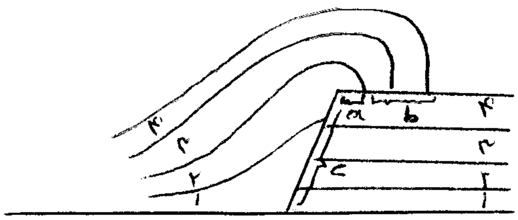
۱- نرمال که شیب بیشتر از ۴۵

۲- معکوس که شیب کمتر از ۴۵

۳- ترادیسی یا رورانده ۳۰-۱۰

۴- اُورتراستی کمتر از ۱۰

مهم:



A : سکو یا Flat

b: رمپ در فرادیواره

c: رمپ در فرودیواره

شیب‌راهه یا RAMP: قسمت‌هایی از گسل‌های معکوس که امتداد گسل، امتداد لایه‌ها را قطع می‌کند.

سکو یا flat: قسمتی از سطح گسل که به موازات امتداد لایه‌ها قرار می‌گیرد و برعکس رمپ امتداد لایه‌ها را قطع نمی‌کند.

وقتی از RAMP به flat وارد می‌شویم، جهت خلاف برش است.

وقتی ازflat بهRAMP وارد می‌شویم، جهت موافق برش و جابجایی است.

در گسل‌های رانده و رورانده به آن صورت از اصطلاحات فرادیواره یا فرودیواره استفاده نمی‌شود و در عوض داریم:

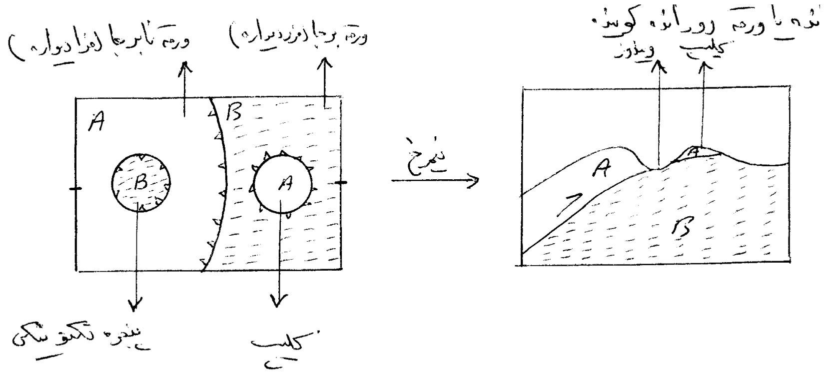
الف صفحه برجا یا Allochton: صفحاتی که در زیر سطح گسل قرار می‌گیرند، همان فرودیواره است.

ب) صفحه نابرجا یا Autochton: صفحاتی که درروی سطح گسل قرار می‌گیرند، همان فرادیواره است.

Nape: اگر یک صفحه نابرجا حرکتی بیش از یک کیلومتر داشته باشد به آن رورانده یا ورقه رورانده گویند.

کلیپ: قسمتی از ورقه نابرجا که بر روی ورقه برجا بر اثر فرسایش به وجود آمده است.

ویندوز یا پنجره تکتونیکی: حفره یا فرورفتگی که در داخل ورقه نابرجا بر اثر فرسایش به وجود می‌آید.



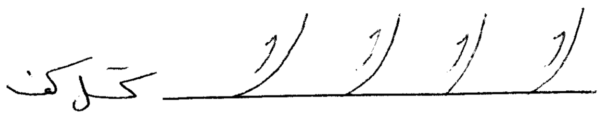
گسل RAMP: گسل‌های دارای شیب زیاد

گسل flat: گسل‌های دارای شیب کم

تقسیم‌بندی بر اساس سیستم تراستی (Thrast system)

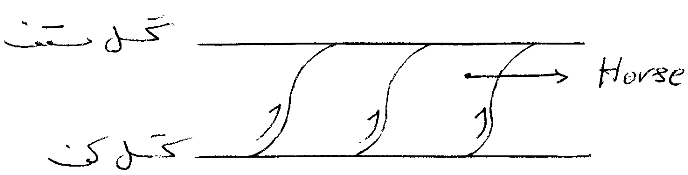
۱) گسل‌های تراستی بادبزنی:

سیستمی است که در آن یک گسل اصلی در کف و یک‌سری گسل‌های فرعی که به‌صورت شاخه‌های فرعی از این گسل کف جدا می‌شوند.



۲) گسل‌های دوپلکس یا پشته خوکی (Piggy back):

در این سیستم هم گسل کف و هم گسل سقف را داریم.



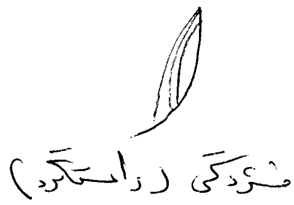
نکات:

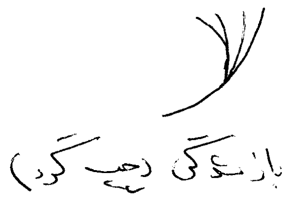
بلوک‌های سنگی که از هر طرف به‌وسیله گسل احاطه شده‌اند، Horse گویند.

کلاً در قسمت وسط گسل جابجایی حداکثر است و در دو طرف گسل جابجایی حداقل است. در نقطه‌ای که میزان حرکت و جابجایی به صفر می‌رسد و به عبارتی گسل تمام می‌شود، به این نقطه Tip Line گویند توجه کنید که در حالت دوبعدی به‌صورت نقطه و در حالت سه‌بعدی به‌صورت خط دیده می‌شود.

گسلی کور یا Blind: گسلی که در اعماق مانده و به سطح نمی‌رسد.

گاهی انتهای گسل به‌صورت انشعابی دیده می‌شود، بسته به نوع شکل ایجاد گسل چپ‌گرد یا راستگرد است





نکات (گسل نرمال):

- در آن‌ها HW نسبت به FW فروافتاده است.
- اگر شیب گسل نرمال تقریباً افقی شود به آن گسل جدایشی گویند.
- اگر دو گسل اصلی نرمال هم‌زمان و تحت تأثیر یک نیرو ایجاد شده باشند و جهت شیب آن‌ها مخالف هم باشد به آن گسل مزدوج گویند.

نکات (گسل‌های معکوس)

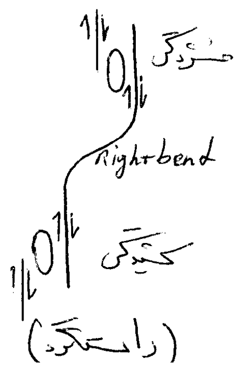
- در آن‌ها HW نسبت به FW بالاتر قرار گرفته است.
- در گسل‌های معکوس، اگر شیب گسل ۴۵⟨ باشد به آن گسل معکوس ولی اگر ۴۵⟩ باشد به آن تراست گویند. (در طبیعت بیشتر به‌صورت تراست دیده می‌شوند)

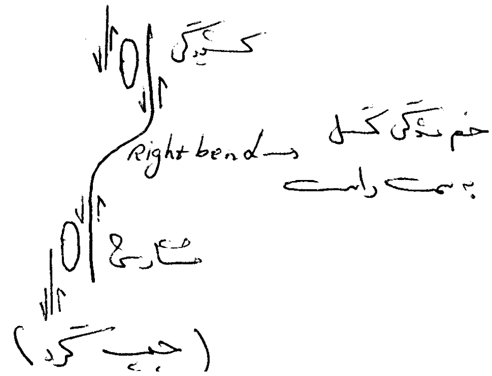
نکات (گسل‌های امتدادلغز):

- در آن‌ها جابجایی بلوک‌ها در امتداد هم و به موازات هم است.
- شیب گسل نزدیک به ۹۰ است.

همگرا
- صفحه B زیر A فرو می‌شود
- صفحه A زیر B فرو می‌شود

خنثی
- امتدادلغز راست‌گرد
- امتدادلغز چپ‌گرد





در پوسته اقیانوسی یک گسل امتدادلغز تحت عنوان گسل تبدیلی یا Trans form یا تراگذر یا ترادیسی داریم.
گسل‌های امتدادی در پوسته قاره‌ای هستند و گسل‌های تبدیلی در پوسته اقیانوسی دیده می‌شوند که نوعی امتدادلغز است.

تفاوت‌های اساسی گسل‌های امتدادلغز و تبدیلی:

۱) گسل‌های تبدیلی مرز صفحات تکتونیکی هستند، درحالی‌که گسل‌های امتدادلغز را در داخل صفحات قاره‌ای می‌بینیم.
۲) جهت حرکت ظاهری در گسل‌های تبدیلی عکس جهت واقعی است.
۳) گسل‌های تبدیلی چون مرز صفحات هستند بطور ناگهانی قطع می‌شوند، درحالی‌که در گسل‌های امتدادلغز بطور تدریجی در داخل واحدهای سنگی تمام می‌شوند.
۴) میزان جابجایی در طول گسل‌های تبدیلی یکنواخت ولی در طول گسل‌های امتدادلغز متغیر است.

نگاهی به نکات نهایی گسل‌ها:

ساخت گل‌سرخی مثبت ← سیستم لغزشی - فشارشی (+)

ساخت گل‌سرخی منفی ← سیستم لغزشی - کششی (-)

انواع گسل‌ها

$R =$ ۰ ←امتدادلغز، راستا لغز

$R =$ ۹۰ ←شیب لغز

۰⟨R⟨۹۰ ←مورب لغز یا اُریب

ضخامت پوسته:

معکوس ← افزایش می‌یابد؛ نرمال ← کاهش می‌یابد؛

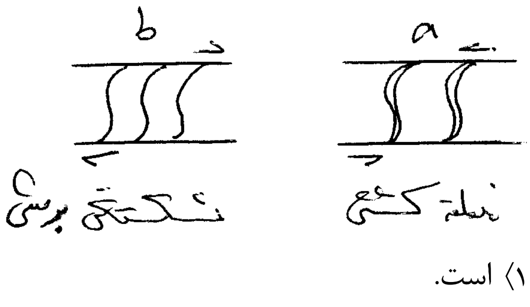
امتدادلغز ← بی‌تأثیر است.

قطب درزه عرضی ← منطبق بر محور چین

قطب درزه طولی ← عمود بر محور چین

a ← چپ‌گرد

b ← راست‌گرد



Log ← گسل نرمالی که شیب آن ۱۰⟩ است.

حرکت مطلق گسل نسبت به یک شیئی دورتر مثل ستاره سنجیده می‌شود.

به‌طور مطلق اگر فرادیواره جابه‌جا شود ← اورتراست.

اگر فرودیواره جابجا شود ← آندرتراست.

تئوری آندرسون: گسلش نرمال، کششی و ثقلی ← فرادیواره بر اثر وزن پایین می‌افتد.

ویژگی‌های شکستگی‌های مزدوج

۱) محل تلاقی σ۲، ۲) میزان کشیدگی در راستای σ۲ صفر است.

صفحه M ← صفحه σ۱ و σ۳ بیشترین اختلاف تنش روی آن اعمال می‌شود.

توجه:

اگر M افقی باشد گسل راستا لغز است.

اگر M قائم باشد گسل شیب لغز است.

دریاچه ارومیه یک sagpant یا استخر گسلی است.

وقتی از Ramp به flat وارد می‌شویم جهت خلاف برش است.

وقتی از flat به Ramp وارد می‌شویم جهت موافق برش و جابجایی است.

توجه: چه لایه و چه گسل که مستقیم و صاف باشند، قائم بوده و شیب آن‌ها ۹۰ است. در غیر این صورت انحنادار است که هر چه انحناء بیشتر باشد، شیب کمتر است.

لغزش: میزان جابجایی دونقطه در سطح گسل

جدایش: میزان جابجایی طبقات یا لایه‌های سنگی دو طرف سطح گسل

Pull apart basin: تشکیل پوسته اقیانوسی بین‌قاره‌ای، مثل دریاچه خزر ← کششی

تقسیم گسل‌ها بر اساس شیب:

گسل عمودی ۸۰<

گسل پرشیب ۳۰ تا ۸۰

گسل کم شیب ۳۰>

آینه گسل ← جهت حرکت در جهت زبری (مثل خواب قالی)

- اگر شیب گسل ۹۰ باشد، مفهوم فرادیواره و فرودیواره معنی ندارد.

گسل‌ها در زمین‌لرزه

گسل نرمال: بزرگی پایین و دوره برگشت پایین

گسل معکوس: بزرگی بالا و دوره برگشت بالا

چین برگشته:

زاویه سطح محوری ۴۵<← چین کج شده

زاویه سطح محوری ۴۵> ← چین معکوس

مهم

$\sigma v \rangle .... \rangle ...$ ← گسل نرمال

$... \rangle \sigma v \rangle ...$ ← گسل امتدادلغز

$... \rangle ... \rangle \sigma v$ ← گسل معکوس

در گسل‌های راستا لغز زاویه هید و ریک صفر است.

در گسل‌های شیب لغز (R=90) و مورب لغز (R=0-90) زاویه هید بین (۹۰-۱) است.

❖ دگرشیبی یا ناپیوستگی یا Unconformity:

دگرشیبی نشانه قطع رسوب‌گذاری در یک محدوده زمانی است.

انواع ناپیوستگی‌ها از دیدگاه زمین‌شناسی ساختمانی:

۱- ناپیوستگی موازی ۲- ناپیوستگی زاویه‌ای ۳- ناپیوستگی آذرین پی ۴- دگرشیبی همگرا

A) دگرشیبی موازی یا Para conformity:

در این دگرشیبی همانند دگرشیبی همگرا سطوح بالا و زیر دگرشیبی با هم موازی‌اند. با این تفاوت که سطح فرسایش نداریم و فقط یک وقفه زمانی را در سطح دو سازند داریم. اگر ناپیوستگی از این نوع باشد، تغییر ناگهانی جنس لایه‌ها، رنگ لایه‌ها و کنگلومرای بین قاعده‌ای در تشخیص کمک می‌کند.

B) دگرشیبی زاویه‌ای یا همگرا یا Angular unconformity:

هنگامی به وجود می‌آید که واحدهای جوانتر بالای سطح دگرشیبی، شیب و امتدادی متفاوت با لایه‌های زیر سطح دگرشیبی دارند و با آن‌ها زاویه می‌سازند.

C) دگرشیبی آذرین پی یا Non conformity یا هترولیتیک:

در سمت زیرین سنگ‌های آذرین و دگرگونی وجود دارند و در بالای سطح ناپیوستگی سنگ‌های رسوبی رخنمون دارند.

آپوفیر: قطعات آذرین درون رسوبی‌ها

توجه:

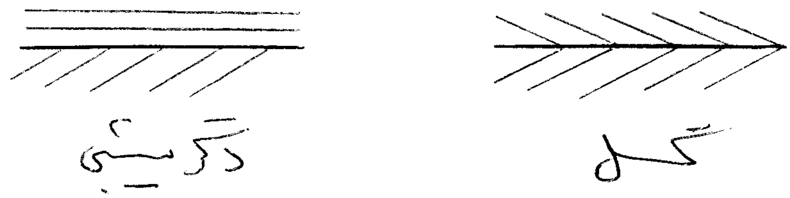
در اثر نفوذ آذرین هاله‌ای ایجاد می‌شود که در ناپیوستگی‌ها آن‌ها را نداریم.

D) دگرشیبی همگرا یا Disconformity:

لایه‌های بالا و پایین سطح دگرشیبی بموازات هم هستند ولی در سطح دگرشیبی یک نوع فرسایش را می‌بینیم که نشان‌دهنده فرسایش در منطقه است.

تفاوت یک سطح دگرشیبی و یک سطح گسلی

۱- در دگرشیبی زاویه‌ای سطح دگرشیبی بموازات لایه‌های جوان قرار دارد و در یک سطح گسلی بموازات هیچ‌کدام از لایه‌ها قرار ندارد.



۲- معمولاً در سطح دگرشیبی کنگلومرایی از سنگ‌های قدیمی‌تر داریم، درحالی‌که در سطح گسلی ما این کنگلومرای آواری را نداریم.

۳- وجود ریز چین‌ها (Z,S) نشانه سطوح گسلی است.

توجه:

دگرشیبی زاویه‌دار و آذرین پی شاخص کوهزایی هستند.

دگرشیبی هم‌شیب و فرسایشی شاخص خشکی‌زایی هستند.

انواع ناپیوستگی

۱- زاویه‌ای یا Angular unconformity: واحدها نسبت به هم زاویه می‌سازند

۲- همگرا یا Disconformity : لایه‌ها موازی، فرسایش در سطح ناپیوستگی

۳- موازی یا Paraconformity: لایه‌ها موازی، فاقد فرسایش در سطح ناپیوستگی

۴- آذرین پی Non conformity: واحد جوان روی توده آذرین یا دگرگونی

بررسی ساختارهای: (Foliation – Lineation – Cleavage)

فولیاسیون و رخ دوبعدی هستند، درحالی‌که lin تک‌بعدی است.

فولیاسیون: به کلیه سطوح صاف، آن ایزوتوپ سنگ که در آن‌ها شکستگی صورت گرفته فولیاسیون گویند.

رخ: مجموعه‌ای از عناصر دوبعدی که موازی هم هستند.

Lin: ساخت خطی که بطور همگن در یک سنگ پراکنده است.

نکته: به کلیه سنگ‌هایی که در اثر دگرشکلی و دگرگونی ایجاد می‌شوند و دارای فولیاسیون و ساختارهای خطی است، تکتونیت گویند.

تکتونیت:

۱- نوع S؛ دارای ساخت صفحه‌ای

۲- نوع L؛ دارای ساخت خطی

۳- نوع L-S؛ دارای ساخت صفحه‌ای و خطی

منشأ فولیاسیون:

۱- یکی از عوامل ایجاد فولیاسیون، کوتاه‌شدگی و یا طویل شدگی است. با ورود تنش، جسم در دو بعد طویل و در یک بعد کوتاه می‌شود.

۱- مکانیک چرخشی: که خود شامل سه الگوی زیر است:

A) الگوی جفری: طبق این الگو، دانه‌های صلب در خمیره شکل‌پذیر واقع‌شده‌اند که در اثر تنش شروع به چرخش می‌کنند.

B) الگوی مارچ: مطابق این طرح، دانه‌ها خود نمی‌چرخند، بلکه بر اثر دگرشکلی دانه‌ها، کمی بموازات هم در می‌آیند.

C) الگوی تیلر - بیشاپ - هیل:

طبق این مدل چرخش دانه‌ها در اثر لغزش روی صفحات برشی است.

توجه:

در زمین‌شناسی ساختمانی برای تعیین زمان تشکیل ساختارها اندیس‌های مشخصی را مدنظر دارند. مثلاً اگر لایه‌بندی اول‌ازهمه تشکیل شده باشد با S_0 نمایش می‌دهند یا اگر چین‌خوردگی در مرحله دوم باشد با S_1 و اگر فولیاسیون در مرحله بعد تشکیل شود با S_2 نمایش می‌دهند.

ساختارهای خطی

۱- ساختارهایی که منشأ ساختاری دارند.

۲- ساختارهایی که منشأ کانی‌شناسی دارند.

یافتن سمت میل چین‌خوردگی به‌وسیله فولیاسیون:

روی سطح افق در جهت محور ناودیس خط عمودی بر لایه رسم می‌کنیم، این خط با فولیاسیون دارای زاویه حاده است (۶۰) جهت این زاویه حاده، سمت چین‌خوردگی را نشان می‌دهد.

تشخیص جهت آنتی‌فرم و سین‌فرم

A) چنانچه شیب کیلواژ از شیب لایه بیشتر باشد و هر دو به یک سمت شیب داشته باشند، می‌گوییم حالت عادی است. پس محور ناودیس در جهت شیب لایه و محور طاقدیس در خلاف جهت شیب لایه است.

B) چنانچه شیب لایه ۹۰ و شیب کلیواژ کمتر از ۹۰ باشد، محور ناودیس در جهت خلاف کلیواژ و محور طاقدیس در جهت کلیواژ است.

C) چنانچه شیب لایه بیشتر از شیب کلیواژ و هر دو به یک سمت شیب داشته باشند، لایه برگشته است و جهت کلیواژ نشان‌دهنده محور طاقدیس است. در این حالت آنتی‌فرم در غرب و سین‌فرم در شرق است.

توجه: در یک توده باتولیتی که به قسمت‌های فوقانی نفوذ کرده:

در بخش A گسل نرمال و در بخش C,B چین‌خوردگی را داریم.

نکته: رابطه استرس و استرین با فولیاسیون:

$\sigma ۱ \rightarrow S۳ \rightarrow Z$

$\sigma ۲ \rightarrow S۲ \rightarrow Y$

$\sigma ۳ \rightarrow S۱ \rightarrow X$

❖ نگاهی به مبحث‌های زمین‌ساخت (Tectonics):

در زمین‌شناسی ساختمانی به یک منطقه محدود توجه می‌شود، درحالی‌که در مبحث تکتونیک منطقه‌ای وسیع موردتوجه است.

واژه تکتونیک در حالت کلی یعنی حرکت و عامل حرکت نیرو است.

توجه:

با توجه به کاربرد پایین این مبحث در سؤالات ارشد، تمرکز خود را روی نکات می‌گذاریم.

نکات زمین‌ساخت

انواع حوضه:

حوضه میوژئوسنکلینال ← فاقد سنگ‌های آذرین

حوضه پارا ژئوسنکلینال ← کمربند کوهزایی ایجاد نمی‌کند

فعالیت آذرین در پوسته قاره‌ای محدود به نوع آندی است.

پوسته قاره‌ای

سیال ← دارای AL,Si ← شامل گرانودیوریت و اکلوژیت و گارنت

سیما ← دارای Mg, Si ← آمفیبول، گابرو و اکلوژیت

کراتون ← سنگ‌های پرکامبرین شامل سپر ← دارای بیرون‌زدگی و پلات فرم ← فاقد بیرون‌زدگی

تقسیم کره:

۱- لیتوسفر یا سنگ‌کره

۲- آستنوسفر یا سست‌کره

۳- مزوسفر یا میان‌کره (داخلی‌ترین حلقه مانتل)

در کره زمین

چگالترین بخش: هسته؛ حجیم‌ترین بخش: گوشته

ناپیوستگی‌های زمین: کنراد ← موهو ← گوتنبرگ ← لمان

کنراد: ناپیوستگی داخل پوسته زمین است.

چرخه ویلسون: باز و بسته شدن یک حوضه اقیانوسی (شروع و خاتمه آن، سنگ بازالتی است)

منطقه LVZ: منطقه با سرعت کم امواج لرزه‌ای در بخش فوقانی آستنوسفر

ناهنجاری بوگه در مناطق مرتفع قاره‌ای (-) و در حوضه اقیانوسی (+) است.

انطباق قاره‌ها درشیب قاره صورت می‌گیرد (عمق ۱۰۰۰ متری)

آلاکوژنها: حوضه رسوبی عمیق با عمر بالا ← محدود به گسل‌های نرمال بزرگ زاویه (۴۵()

- عدد اتمی عناصر سازنده هسته کره زمین بیشتر از ۲۳ است.
- در پوسته به ازای هر کیلومتر ۳۰ مگاپاسکال به فشار و ۲۵ به دما افزوده می‌شود.
- آخرین معکوس‌شدگی مغناطیسی حدود ۲۰۰۰ سال پیش بوده است و در طی ۳/۵ میلیون سال گذشته ۱۸ بار مشاهده شده است.

سطح قطعه فرورونده با آستنوسفر ← بنیوف (برخورد دو پوسته قاره‌ای)

ریچ ← محل تولید پوسته جدید

ترنچ ← محل حذف پوسته قدیمی

امواج لرزه‌ای ← ترتیب‌بندی بیشترین سرعت $p \rangle s \rangle l$

امواج P ← امواج اولیه ← تراکمی ← بیشترین سرعت

امواج S ← امواج ثانویه ← برشی ← مخرب‌ترین است ← از مایعات عبور نمی‌کند

امواج L ← امواج سطحی شامل ریلی و لاو

امواج S,P جزء امواج بدنی حساب می‌شوند (Body)

پیوستگاه‌های چهارگانه همواره ناپایدارند و فوراً به سه‌گانه تبدیل می‌شوند (اگر خطوط سرعت همگی در یک نقطه یکدیگر را قطع نکنند، پیوستگاه سه‌گانه ناپایدار است).

- اولیستوسترم (در منشورهای فزاینده): قطعاتی بزرگ تا (1km) که در زمینه ریز قرار دارند.
- در اقیانوس‌ها سری تولئیتی در کمان‌های جوان و سری کالک آلکالن در کمان‌های بالغ دیده می‌شوند (پوسته حد واسط = جزایر کمانی و حاشیه قاره‌ها)
- سن برخورد در کمربند کوهزایی زاگرس ← میوسن یا اواخر کرتاسه
- میدان مغناطیسی ناشی از ذرات باردار در هسته خارجی است
- سرعت گسترش در استوای قطب اولر حداکثر است
- بازالت پشته اقیانوسی بر خلاف کافت‌های قاره عناصر ناسازگار قلیایی ندارند
- گسل‌های ترادیسی هم در پوسته اقیانوسی و هم قاره‌ای تشکیل می‌شوند

گسلش در پشته اقیانوسی با سرعت بالا بیشتر است.

طولانی‌ترین ثبات میدان مغناطیسی در کرتاسه بوده است.

رسوبات میوژئوسنکلینال: رسوبات بیشتر کربناته، فاقد فعالیت‌های ولکانیکی

بزرگ ناودیس یا ژئوسنکلینال: حوضه کم‌عمق تا ۳۰۰، ضخامت زیاد رسوبات به علت فرونشینی حوضه است.

تعیین عرض جغرافیایی دیرینه:

زاویه میل مغناطیسی

رابطه بین عمق و سن لیتوسفر (رسوب و اسکلاتر):

برای لیتوسفر جوان‌تر از ۸۰ میلیون سال $d = ۲۵۰۰ + ۳۵۰ + \frac{1}{۲}$

جریان حرارتی در پشته اقیانوسی $q = ۱۱/۳\sqrt{T}$

برای لیتوسفر قدیمی‌تر (عمق) $d = ۶۴۰۰ - ۳۲۰۰\exp\left(\frac{-t}{۶۲/۸}\right)$

Plate: جسمی صلب است که چنانچه نیروی به آن وارد شود، نیرو دگرشکلی ایجاد نکند.

پلیت تکتونیک مرزهای پلیت‌ها:

۱- حاشیه‌های واگرا

۲- حاشیه‌های همگرا

۳- حاشیه‌های خنثی

علائم:



۱- مرزهای واگرا
۲- مرزهای همگرا
۳- مرزهای خنثی

حرکت پلیت‌ها

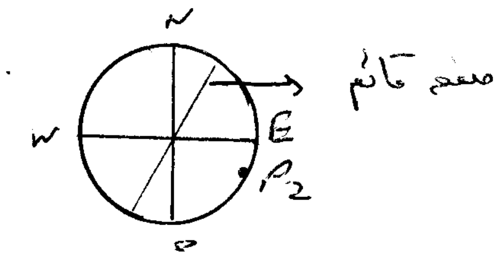
۱- حرکت نسبی: حرکت پلیت‌ها نسبت به هم
۲- حرکت مطلق: حرکت پلیت نسبت به یک نقطه دور مثل ستاره
محور اویلر: محوری فرضی که از مرکز زمین عبور می‌کند، در دو طرف آن قطب‌های اویلر فرض می‌شود.
رسوبات مولاس: آواری هستند و قسمت اعظم آن‌ها در قاره‌ها نهشته می‌شود. فسیل دریایی ندارند و به علت تشکیل بعد از مرحله کوهزایی به آن post tectonic گویند.
رسوبات فلیش: آواری هستند، اما نازک لایه، در مرحله کوهزایی و در حالتی که تکتونیک فعال است تشکیل می‌شوند.
سازوکار زمین‌لرزه‌ها:
سطح زمین تا ۷۰ km زلزله کم‌عمق (فشار)
۷۱ Km تا ۳۰۰ km زلزله نیمه عمق (کشش)
۳۰۱ Km تا ۷۰۰ km زلزله عمیق

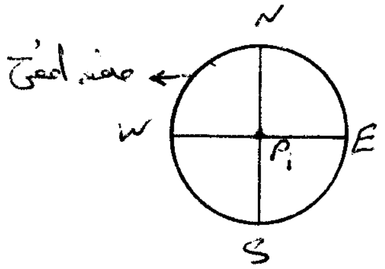
❖ نگاهی به تصاویر استریوگراف:

بررسی آن‌ها به‌وسیله ۲ شبکه ولف و اشمیت صورت می‌گیرد.
۱) شبکه ولف: این شبکه ارتباط زاویه‌ای بین ساختارها را نشان می‌دهد (هم زاویه)
۲- شبکه اشمیت: این شبکه پراکندگی مکانی ساختارها را نشان می‌دهد (هم مساحت)

مختصات صفحه و خط

صفحه افقی روی حاشیه قطب آن در مرکز است.
صفحه قائم در مرکز و قطب آن درروی محیط (حاشیه) است.
قطب صفحه: درواقع خط عمود بر صفحه است، یعنی خطی که بر تمام نقاط واقع بر صفحه عمود است. درواقع قطب صفحه به‌اندازه ۹۰ از کمان فاصله دارد.
قطب صفحه افقی؛ همواره در مرکز است و قطب صفحه قائم؛ روی دایره محیطی می‌افتد.





در استریونت:

صفحه ← به‌صورت یک کمان

خط ← به‌صورت یک نقطه (در حاشیه: خط افقی و در مرکز خط قائم است).

چین‌خوردگی‌ها

آنالیز چین‌خوردگی به دو روش است.

۱- روش اول ← روش دیاگرام B

۲- روش دوم ← روش دیاگرام p

۱) روش دیاگرام B : ابتدا ضخامت لایه‌ها را درروی شبکه ترسیم می‌کنیم. محل برخورد صفحات، محور چین (محور b) است. می‌دانیم که سه محور c,b,a بر هم عمودند، پس نقطه b قطب صفحه ac است. برای به دست آوردن c,a از صفحات مربوط به هر یال میانگین گرفته که دو نقطه به دست می‌آید، وسط این دو نقطه محور o است، حالا از نقطه c به‌اندازه ۹۰ حرکت می‌کنیم تا نقطه a به دست آید.

۲) روش دیاگرام p: در این روش فقط قطب‌های صفحات را رسم می‌کنیم (تمامی قطب‌ها بر روی یک صفحه = یک دایره، می‌افتد) این دایره نشانه ac است و قطب آن محور b (محور چین) است. با میانگین گرفتن از نقاط مربوط به قطب، c به دست می‌آید از محور c به‌اندازه ۹۰ که حرکت کنیم محور a به دست می‌آید.

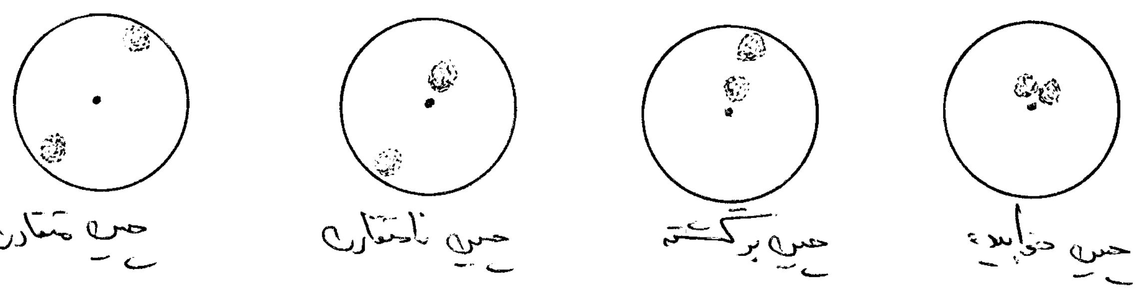
توجه:

درحالی‌که لایه برگشته باشد، جای محور a,c عوض می‌شود.

نکته:

اگر شیب کمتر از ۹۰ باشد، چین نامتقارن است. اگر هر دو یال چین در یک سمت باشد، چین برگشته است، اما اگر تمام صفحات همدیگر را در یک نقطه قطع کنند، چین استوانه‌ای است.

انواع چین (با توجه به مناطق چین‌خوردگی):



بررسی گسل‌ها

۱) گسل نرمال $\sigma V\rangle\sigma H\rangle\sigma h$ و $\sigma ۱\rangle\sigma ۲\rangle\sigma ۳$

۲) گسل امتدادلغز $\sigma H\rangle\sigma V\rangle\sigma h$ و $\sigma ۱\rangle\sigma ۲\rangle\sigma ۳$

۳) گسل‌های معکوس $\sigma H\rangle\sigma h\rangle\sigma V$ و $\sigma ۱\rangle\sigma ۲\rangle\sigma ۳$

در گسل‌های (نرمال ← $\sigma ۱$ قائم، معکوس ← $\sigma ۳$قائم، امتدادلغز ← $\sigma ۲$قائم)

شیب (گسل نرمال ← حدود ۶۰، گسل معکوس ← حدود ۳۰)

بطور کلی گسل‌های نرمال (کشش) پاره می‌شود و گسل‌های معکوس (فشارش) جمع می‌شوند.

تحلیل دینامیکی گسل‌ها روی استریونت

۱) محل تلاقی شکستگی‌ها مزدوج منطبق بر $\sigma ۲$ است.

۲) $\sigma ۲$روی صفحه گسل عمود بر خش گسلش است.

۳) نیمساز زاویه حاده خش گسلش واقع بر دو شکستگی مزدوج، منطبق بر $\sigma ۱$ است.

۴) صفحه عمود بر سطح گسلش که امتداد خش گسلش عبور می‌کند ($\sigma ۱ - \sigma ۳$) صفحه حرکت نامیده می‌شود.

۵) صفحه m را می‌توان با استفاده از قطب گسل و خش گسلش رسم کرد.

۶) محل برخورد با صفحه $\sigma ۱ - \sigma ۳$ سمت لغزش است که با S نشان می‌دهند.

۷) زاویه بین $\sigma ۱$ و سمت لغزش S زاویه α نامیده می‌شود.

$$\theta + \alpha = ۹۰ \text{ و } \theta = ۴۵ + \frac{\varphi}{۲}, \varphi = ۴۵ - \frac{\alpha}{۲}$$

۸) نیمساز زاویه منفرجه منطبق با $\sigma ۳$ است.

توجه:

اگر $\sigma ۱$ در مرکز باشد ← گسل نرمال محض

اگر $\sigma ۲$ در مرکز باشد ← گسل امتدادلغز محض

اگر $\sigma ۳$ در مرکز باشد← گسل معکوس محض

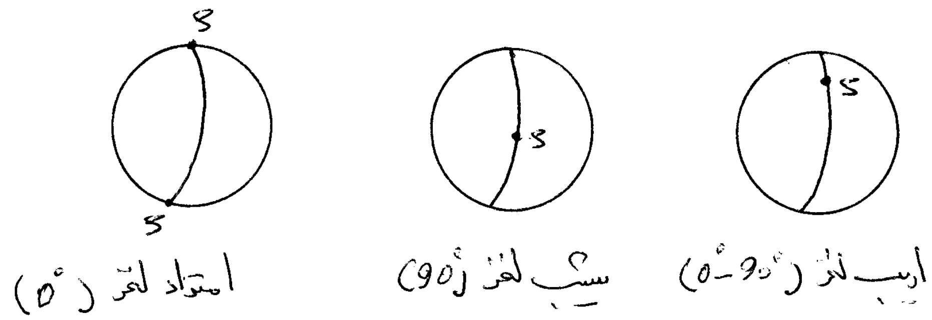
توجه:

اگر $\sigma ۱$ نزدیک‌تر به مرکز باشد ← گسل نرمال

اگر $\sigma ۲$ نزدیک‌تر به مرکز باشد ← گسل راستالغز

اگر $\sigma ۳$ نزدیک‌تر به مرکز باشد ← گسل معکوس

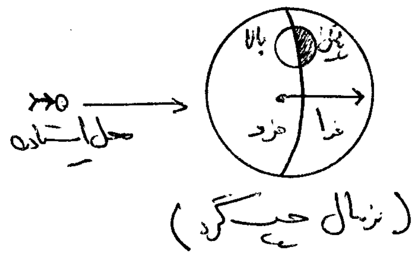
بررسی خش لغزش یا بردار لغزش:



نکته:

بر روی تصویر استریوگراف، بلوکی که در جهت تحدب کمان باشد فرادیواره و بلوکی که در جهت تقعر کمان باشد فرودیواره است.

تعیین نوع گسل

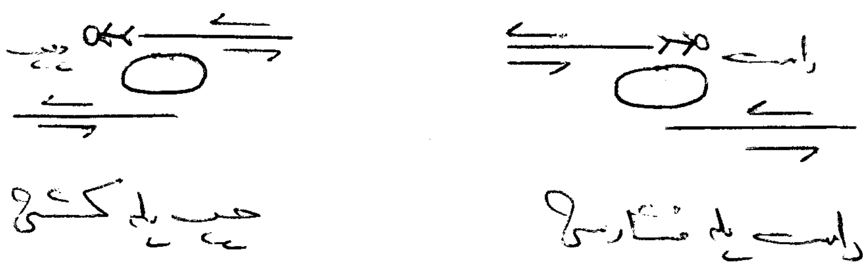


با توجه به شکل زیر بخش تیره پایین رفته و بخش سفید بالاآمده پس گسل از نوع نرمال است، چون فرادیواره به‌طرف پائین و فرودیواره به‌طرف بالا حرکت کرده است.

در جهت حداکثر شیب یال انحناء از مرکز استریونت، برداری رسم می‌کنیم تا جهت شیب به دست آید. اگر گسل ما، نرمال بود، در جهت شیب می‌ایستیم، اگر سمت لغزش در راست بود، گسل نرمال راستگرد و اگر در سمت چپمان بود، گسل نرمال چپگرد است. در مورد گسل معکوس عکس این حالت را داریم.

توجه:

برای تعیین کشش و فشارش، دو جهت داخلی را بررسی می‌کنیم. اگر از هم دور بودند کشش است و اگر به هم نزدیک بودند، فشارش است.



توجه:

Flat: هر جا لایه‌های فرادیواره و فرودیواره موازی هم باشند.

RAMP: هر جا فرادیواره و فرودیواره موازی هم نباشند.

بحث

- شیب کلیواژ به سمت لایه‌های قدیمی‌تر و مخالف محور چین است
- تنش انحرافی (تغییر شکل) تنش غیرانحرافی (تغییر حجم)
- در تنش لیتواستاتیک تنش صفر است، پس دایره به‌صورت یک نقطه است و فاقد تنش برشی هستیم
- در دگرگونی پیش‌رونده اگر محورهای اصلی استرین ثابت بماند برش محض است
- در برش محض میزان تغییرات واحد سطح صفر است
- در چین خوابیده هم‌سطح محوری و هم‌محور چین افقی است
- اگر لایه‌های مقاوم روی‌هم بلغزند، ایجاد گسل معکوس می‌کند
- لغزش (slip) فقط روی سطح گسل ولی separation روی هر سطحی دیده می‌شود

گسل نرمال ۴۵⟨
گسل معکوس ۴۵⟩.
← ۱۰⟩ اورتراست (جابجایی کم)
← ۱۰⟨ Nappe (جابجایی زیاد)

به‌طور مطلق اگر فرادیواره جابجا شود اورتراست و اگر فرودیواره جابجا شود آندرتراست

اگر M (صفحه $\sigma1,\sigma3$) افقی باشد گسل راستالغز و اگر قائم باشد گسل شیب لغز است

اگر $\frac{\sigma2}{\sigma3}=\frac{\sigma1}{\sigma2}$ شود، دایک می‌تواند به سیل تبدیل شود

دگرشیبی زاویه‌دار و آذرین نشانه کوهزایی است

دگرشیبی هم‌شیب و Discon نشانه خشکی‌زایی است

تنش در سه بعد: در حالت ناپایدار ۹ مؤلفه و در حالت پایدار ۶ مؤلفه دارد

تنش در دو بعد: در حالت ناپایدار ۴ مؤلفه و در حالت پایدار ۲ مؤلفه دارد

در ریز چین‌ها: از چپ به راست $(Z \rightarrow S)$ طاقدیس و $(S \rightarrow Z)$ ناودیس

کج شدگی سطح محوری در جهت شیب لایه: لایه برگشته

کج شدگی سطح محوری خلاف شیب لایه: لایه عادی

نگاهی اجمالی به تنش‌ها

تنش تک محوره

در حالت فشارشی: $\begin{bmatrix} \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \sigma1\rangle 0, \sigma2=\sigma3=0$

در حالت کششی: $\begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & -\alpha \end{bmatrix} \Leftarrow \sigma 3 \langle 0, \sigma 1 = \sigma 2 = 0$

تنش دو محوره: $\begin{bmatrix} +\alpha & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & -c \end{bmatrix} \Leftarrow \sigma 1 \rangle 0, \sigma 3 \langle 0, \sigma 2 = 0$

$\sigma 1 \neq -\sigma 3$

در حالت فشارش: $\begin{bmatrix} \alpha & \cdot & \cdot \\ \cdot & b & \cdot \\ \cdot & \cdot & c \end{bmatrix} \Leftarrow \sigma 1 \rangle \sigma 2, S3 = 0$

در حالت کشش: $\begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & -b & \cdot \\ \cdot & \cdot & -c \end{bmatrix} \Leftarrow \sigma 1 = 0, (\sigma 2 \rangle \sigma 3) \langle 0$

تنش سه محوره

حالت تراکمی: $\begin{bmatrix} \alpha & \cdot & \cdot \\ \cdot & b & \cdot \\ \cdot & \cdot & c \end{bmatrix} \Leftarrow \sigma 1 \rangle \sigma 2 \rangle \sigma 3 \langle 0$

حالت کششی: $\begin{bmatrix} -\alpha & \cdot & \cdot \\ \cdot & -b & \cdot \\ \cdot & \cdot & -c \end{bmatrix} \Leftarrow \sigma 1 \rangle \sigma 2 \rangle \sigma 3 \langle 0$

نگاهی اجمالی به استرین‌ها

۱) کشیدگی محوری متقارن: $\lambda 3 = \lambda 2 \rangle \lambda 1 \Leftarrow$ در جهت $\lambda 1$ کشیدگی و $\lambda 2, \lambda 3$ کوتاه شدگی

۲) کوتاه‌شدگی محوری متقارن: $\lambda 3 \langle \lambda 2 = \lambda 1 \Leftarrow \lambda 3$ در جهت کوتاه شدگی و $\lambda 1, \lambda 2$ طویل شدگی

۳) استرین صفحه‌ای $\lambda 3 \langle \lambda 2 \langle \lambda 1 \Leftarrow$ ($\lambda 2$ ثابت می‌ماند)

۴) استرین کلی: در هرکدام از محورهای هر مقدار کوتاه شدگی یا طویل شدگی می‌تواند باشد

توجه:

در یک صفحه همواره دو خط با دو مسیر می‌توان یافت که شیب ظاهری یکسان داشته باشند و آن‌هایی که شیب ظاهری‌شان برابر است (B:A زاویه بین خط و امتداد از افق R:B زاویه بین خط و امتداد در صفحه) آن‌ها با هم برابر هستند.

ضخامت ظاهری 〈 ضخامت واقعی

ضخامت ظاهری 〈 ضخامت قائم

- در جائیکه $\theta = 45 \leftarrow$ تنش برشی حداکثر و σn تنش میانگین است ولی لیتواستاتیک نیست.

اختلاف تنش $(\sigma ۱-\sigma ۳)$سبب شکستگی و گسل خوردگی می‌شود.

$\sigma = \sigma' + \bar{\sigma}$

σ': تنش انحرافی

$\bar{\sigma}$: تنش میانگین

σ: تنش کل

خزش: تغییر شکل تدریجی و طولانی‌مدت سنگ‌ها در طول زمان بودین شکلاتی: لایه سنگی در دو جهت مختلف گسیخته شده و قطعات بودین هم‌اندازه را به وجود می‌آورد.

- تورق در سنگ‌ها مستقل از سطوح لایه‌بندی است.

وقتی شیب سطح گسل به ۹۰ برسد، h کم و T بدون تغییر

Throw: افت قائم

Heave: افت افقی

تنش‌ها:

$\begin{bmatrix} p & \cdot & \cdot \\ \cdot & p & \cdot \\ \cdot & \cdot & p \end{bmatrix}$ لیتواستاتیک $\sigma ۱ \rangle \sigma ۲ \rangle \sigma ۳ \rangle ۰$

$\begin{bmatrix} -p & \cdot & \cdot \\ \cdot & -p & \cdot \\ \cdot & \cdot & -p \end{bmatrix}$ هیدرواستاتیک $\sigma ۱ \rangle \sigma ۲ \rangle \sigma ۳ \langle ۰$

- جسم در وضعیت کشش از همه ناپایدارتر است.
- خط یا اثر روی هر بلوکی باشد، آن بلوک بالا می‌رود.
- اگر بلوک راست‌بالا برود معکوس و اگر بلوک چپ بالا برود نرمال است.
- در طاقدیس پلانج به سمت طرف بسته چین است.

محور چین‌های مخروطی روی استریونت به‌صورت یک نقطه نیست.

در هر سه رده چین‌های 3,2,1c ضخامت پهلوی چین کمتر از ضخامت سطح محوری است.

در چین‌های ایزوکلینال سطوح کلیواژ اسلیتی به موازات سطوح چینه‌بندی است.

توجه کنید که شیب گسل به سمت فرادیواره است.

گسل‌های پلکانی (en – echlon) راستگرد: گسل نرمال، چپ‌گرد گسل معکوس

تیغه میان‌اقیانوسی ← گسل نرمال (کشش)

گودال اقیانوسی ← فشارش

ترانسفورم ← امتداد لغز

شیب طبقات: موافق: Cos، مخالف: Sin

در گسل‌های چرخشی: کمیت و جهت بردار لغزش در طول گسل ثابت نیست ← برش ساده و گردش حول قطب گسل است.

اختلاف تنش حداکثر (σ_1) و حداقل (σ_3) هر چه بیشتر باشد چین‌خوردگی یک‌لایه افقی نازک، سریع‌تر صورت می‌گیرد.

توجه:

فولیاسیون ← $\sigma_1\sigma_2$ یا XY شسیتوزیته $\sigma_1\sigma_3$ یا YZ

- شیب کلیواژ به سمت لایه‌های قدیمی‌تر است.

در محل برخورد پلیت‌ها:

۱) زون بنیوف: برخورد پلیت اقیانوسی با قاره‌ای

۲) سیستم جزایر کمانی: برخورد پلیت اقیانوسی با اقیانوسی

حالت Hook Type ← پلیت III ← سطوح محوری عمود بر هم

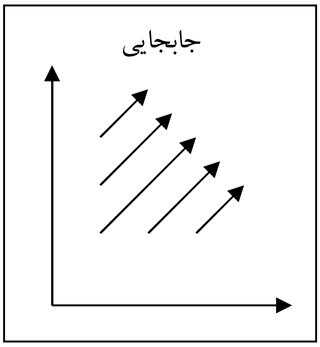
در استیلولیت‌ها: دندانه‌ها در راستای σ_1 یا λ_3

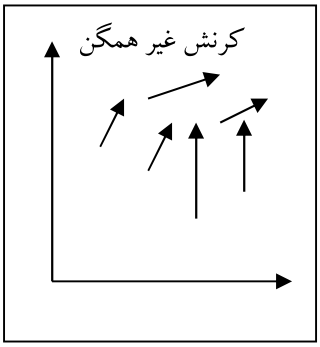
- در فرآیند کوهزایی همزمان با آن فلیش داریم و بعد از آن مولاس داریم.

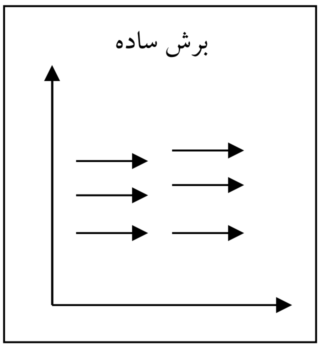
شیب شیستوزیته: بیشتر از لایه باشد ← لایه عادی یا نرمال است.

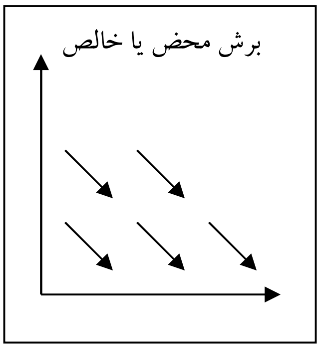
کمتر از لایه باشد ← لایه برگشته است.

به نمودارهای زیر توجه کنید.





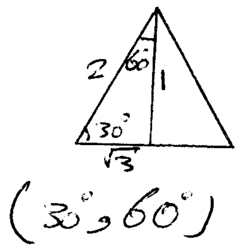


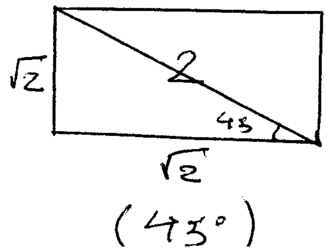


مطالعه روابط مهم

	۰	۳۰	۴۵	۶۰	۹۰	۱۸۰	۲۷۰	۳۶۰
Sin	۰	$۱/۲$	$\sqrt{\frac{۲}{۲}}$	$\sqrt{\frac{۳}{۲}}$	۱	۰	۱-	۰
Cos	۱	$\sqrt{\frac{۳}{۲}}$	$\sqrt{\frac{۲}{۲}}$	$۱/۲$	۰	۱-	۰	۱
Tang	۰	$\sqrt{\frac{۳}{۳}}$	۱	$\sqrt{۳}$	∞	۰	∞	۰
Cot	∞	$\sqrt{۳}$	۱	$\sqrt{\frac{۳}{۳}}$	۰	∞	۰	∞

نکته: $\frac{۱}{\sqrt{۳}} \Leftarrow \sqrt{\frac{۳}{۳}}$





نکته: در مثلث و مستطیل صفحه قبل جهت تعیین روابط از فرمول‌های زیر بهره ببرید.

Sin= ضلع مقابل / وتر

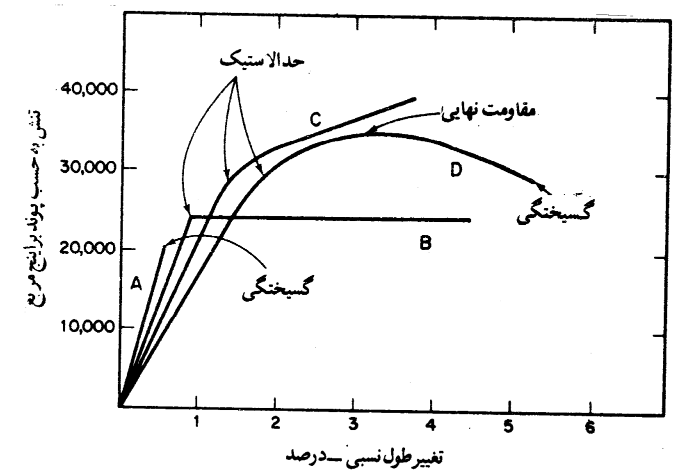
Cos= ضلع مجاور / وتر

Tan= ضلع مقابل / ضلع مجاور

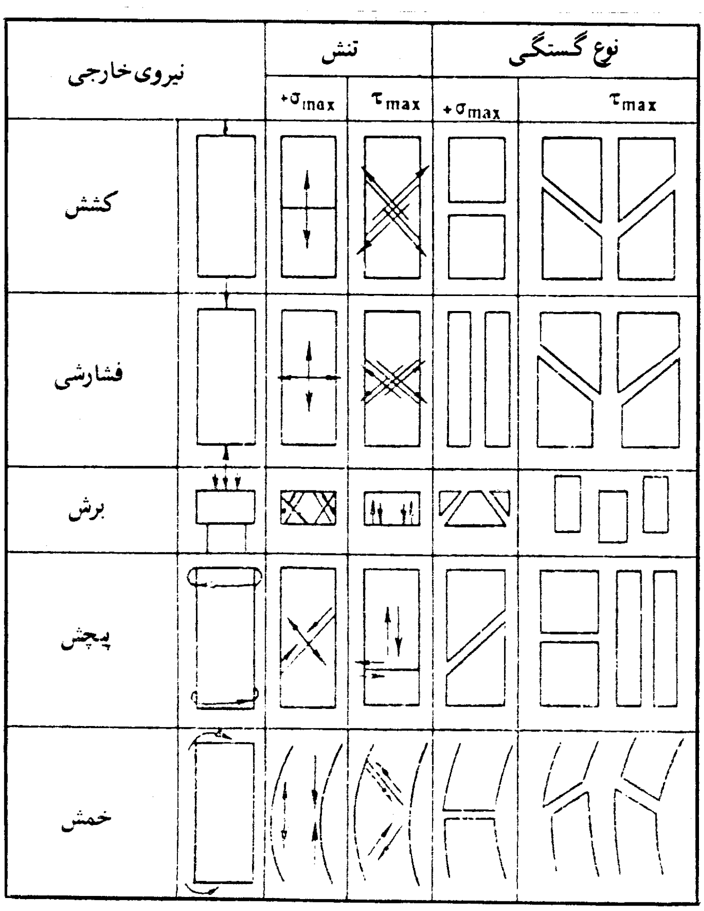
Cot= ضلع مجاور / ضلع مقابل

تصاویر کمکی زمین‌شناسی ساختمانی

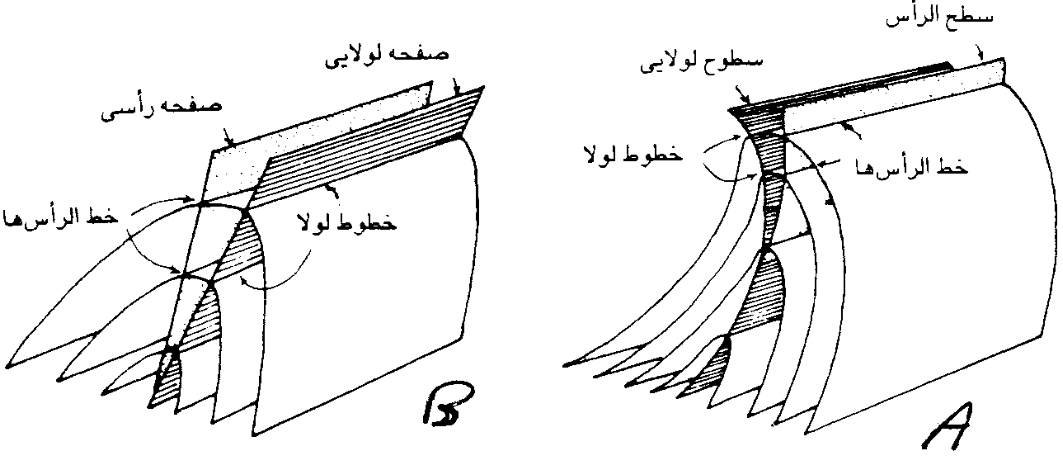
نمودار تنش



رابطه گسستگی سنگ‌ها با تنش‌های مختلف



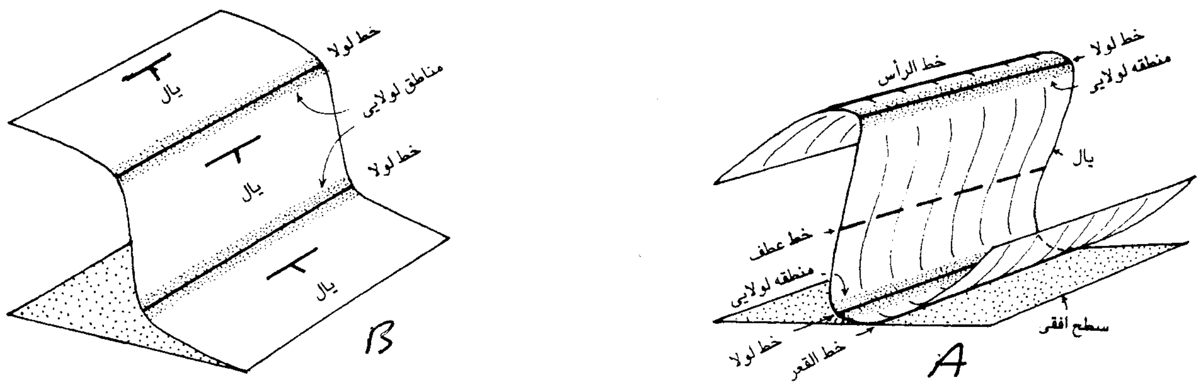
عناصر هندسی یک چین شامل چند سطح چین‌خورده



A) چین با سطح لولایی و سطح الرأس منحنی

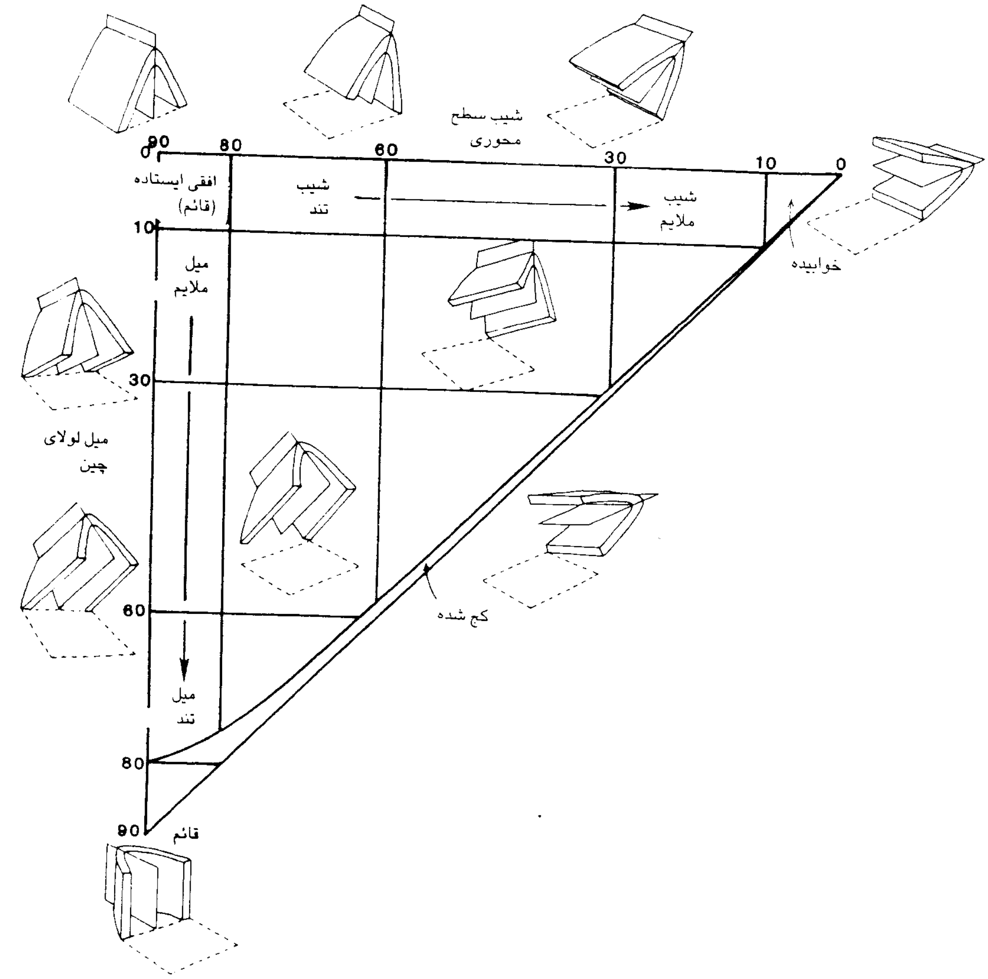
B) چین با صفحه لولایی و سطح الرأس مستوی

A) عناصر هندسی اصلی مورد استفاده در توصیف یک سطح چین‌خورده منفرد

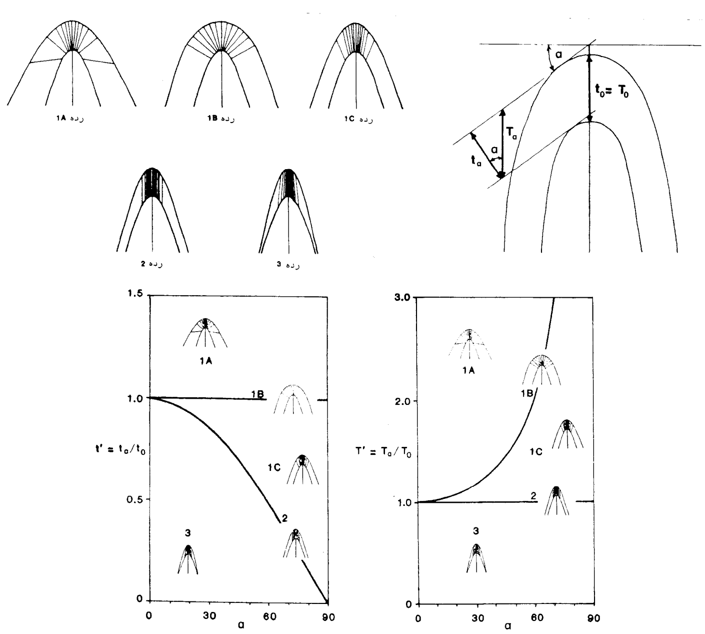


B) چینی که طبقات در هر دو یال آن در یک جهت شیب دارند، این چین فاقد خط القعر یا خط الرأس است.

رده‌بندی چین‌ها بر اساس جهت‌گیری چین‌ها (رمزی، 1967)

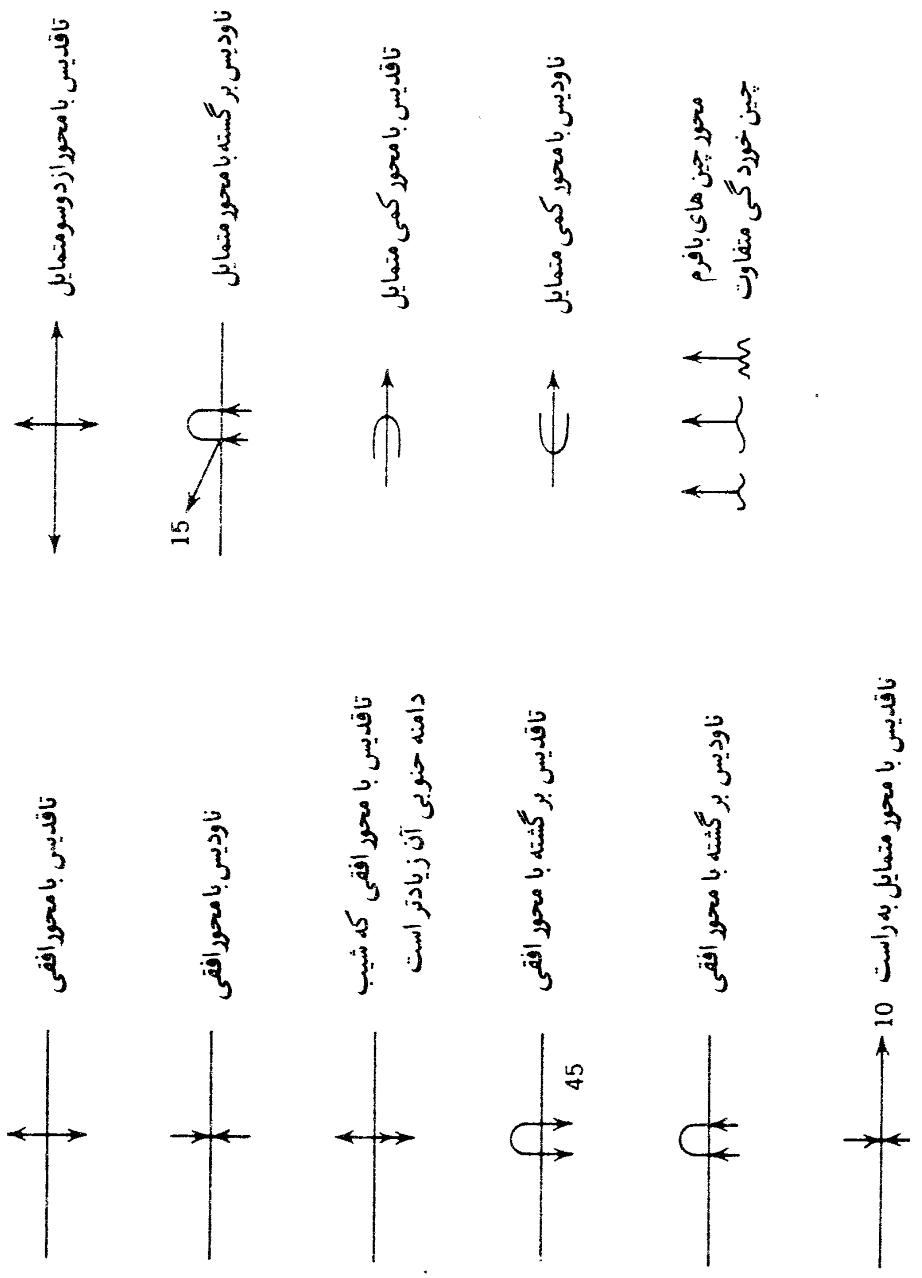


ضخامت هم‌شیب چین‌ها

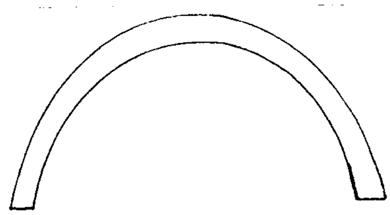


۱) رده 1_A: همگرایی زیاد در خطوط هم‌شیب
۲) رده 1_B: همگرایی ملایم در خطوط هم‌شیب (چین موازی یا متحدالمرکز)
۳) رده 1_C: همگرایی ضعیف در خطوط هم‌شیب
۴) رده ۲: خطوط هم‌شیب موازی (چین مشابه)
۵) رده ۳: خطوط هم‌شیب واگرا

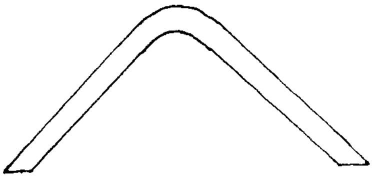
علائم استاندار برای نشان دادن چین‌ها



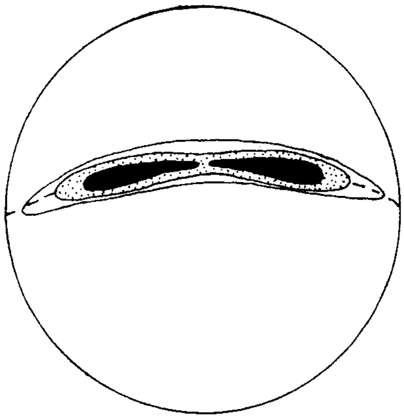
تغییر در نمودارهای π با تغییر شکل چین

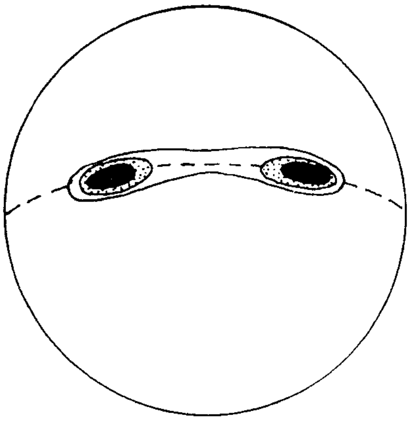


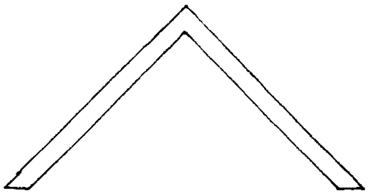
چین هم مرکز



چین با لولای باریک



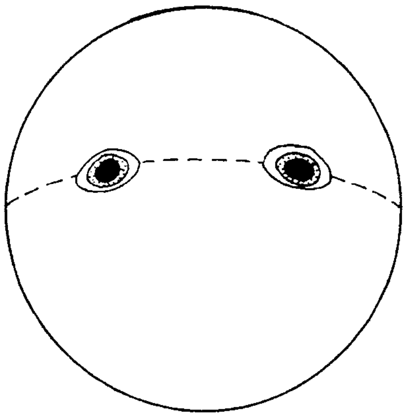


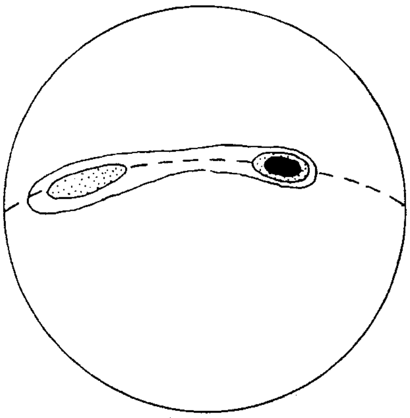


چین جناغی

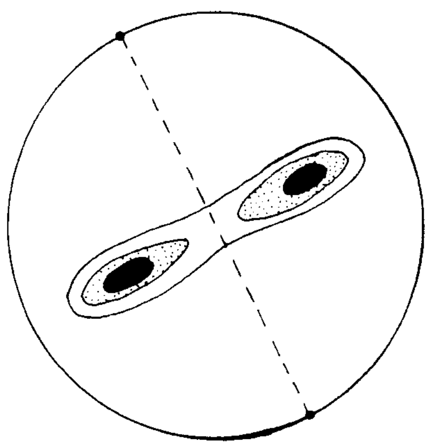


چین‌های نامتقارن

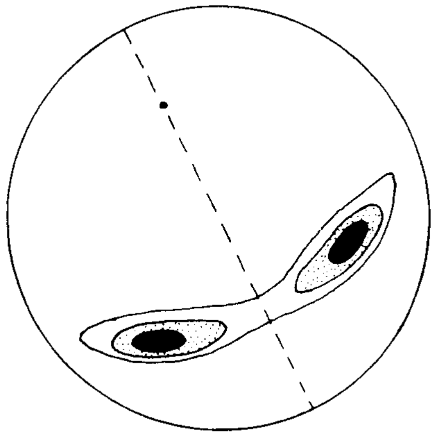




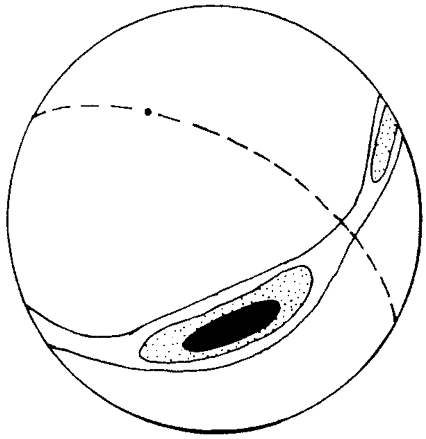
تغییرات وضعیت کمربند دایره با تغییرات موقعیت محور چین و صفحه محوری



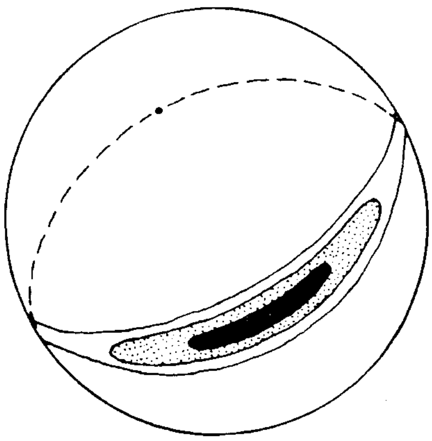
چین ایستاده (عادی)
بدون میل



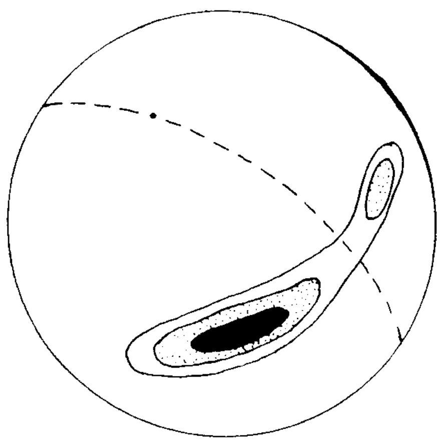
چین عادی میل‌دار



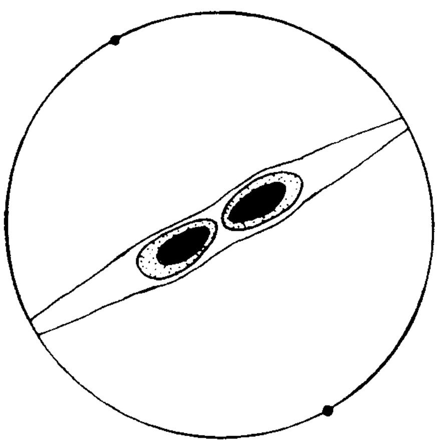
چین برگشته میل‌دار



چین سرازیر



چین مایل میل‌دار



چین خوابیده

فهرست منابع و مأخذ زمین‌شناسی ساختمانی

منابع فارسی

۱- روش‌های اساسی زمین‌شناسی ساختمانی، ترجمه دکتر پور کرمانی و مهندس معتمدی
۲- زمین‌شناسی ساختمانی، دکتر علوی - سازمان زمین‌شناسی
۳- زمین‌شناسی ساختمانی، دکتر پور کرمانی و دکتر ادیب - دانشگاه پیام نور
۴- زمین‌شناسی ساختمانی، دکتر الیاسی - دانشگاه تهران
۵- جزوه زمین‌شناسی ساختمانی، دکتر هاشمی - دانشگاه شیراز

منابع لاتین

1- FOLDING AND FRACTURING OF ROCKS, BY: J. G. RAMSAY
2- STRUCTURAL GEOLOGY, BY: DAVIS

موفق باشید